《心理学报》论文自检报告

请作者填写以下内容，粘贴在稿件的首页。

1. 请以"研究亮点"的形式列出最多三条本研究的创新性贡献，总共不超过 200 字。
《心理学报》的目标是发表"既科学优秀，又具有广泛兴趣和意义" (be both scientifically excellent and of particularly broad interest and significance)的心理学前沿研究。如果您的研究只有小修小补的贡献，没有尝试开创新的研究领域(new areas of inquiry)或提出独到见解和创新视角(unique and innovative perspectives)，特别纯粹只是研究没有明确心理学问题的算法或技术的工作，这类研究被本刊接受的机会小，建议另投他刊。

答：本研究的创新性贡献为：第一，基于前期研究发现，本研究提出了中文阅读中视觉复杂性效应的两种理论解释（视觉限制性假说，视觉和语言共同限制性假说），并通过两个平行实验对其进行验证。第二，基于阅读伴随词汇学习的"累积性"特点，本研究考察两种视觉复杂性效应（笔画数效应和词长效应）随新词学习深入的变化模式，发现笔画数的作用方式符合视觉限制性假说的基本观点，词长的作用方式符合视觉和语言共同限制性假说的基本观点。

2. 作者已经投稿或发表的文章中是否采用了与本研究相同的数据？如果是，请把文章附上审查。(我们不赞成作者用同一数据发表多篇变量相同的文章，也不赞成将一系列的相关研究拆成多个研究来发表的做法。)

答：否。

3. 管理、临床、人格和社会等领域仅有自我报告(问卷法)的非实验非干预研究，需要检查数据是否存在共同方法偏差(common method bias)。为控制或证明这种偏差不会影响研究结论的效度，你使用了什么方法？采取了哪些措施？(共同方法偏差的有关文献可参见：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract894.shtml)基于横断数据，仅有自我报告，仅仅在方便样本中施测，这样的研究数据易取得，但通常创新性价值不大，被本刊接受的机会小。

答：非问卷研究。

4. 是否报告并分析了效果量(effect sizes；如：t 检验：Cohen's d；方差分析：η^2 或η_p^2；标准化回归系数)？(很多研究只是机械地报告了效果量，但没有做必要的分析或说明，如效果量是大中小？有什么理论意义或应用意义？)。(在 google 中搜索"effect size calculator"，可搜到许多计算方便的 APP。效应量的有关解释，中文可参考：http://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/abstract/abstract1150.shtml；英文可参看：http://www.uccs.edu/lbecker/effect-size.html
是否报告统计分析的 95% CI？(如，差异的 95% CI；相关/回归系数的 95% CI)置信区间的有关计算和绘图可参考 https://thenewstatistics.com/itns/esci/)

答：是，已报告统计分析的 95% CI。

5. 请写出计划的样本量，实际的样本量。如果二者有差别，请写出理由。以往心理学研究中普遍存在样本量不足导致的低统计功效(power)问题，我们建议在论文的方法部分解释您计算及认定样本量的依据。应该以有一定依据的效果量(effect size)、期望的功效来确定样本量，并报告计算用软件或程序。样本量计划的理由和做法可参考 https://osf.io/5awp4/

答：根据 G*Power 计算，根据本实验使用的两因素被试内实验设计，在显著性水平 α =0.01 且中等效应（f = 0.25）时，预测达到 80%的统计力水平所需样本量至少为 19 人。为保证实验结果的可信度，实验 1 招募被试 84 名，实验 2 招募被试 81 名，均大于所需最小样本量。

6. 假设检验中，如果是零假设显著性检验(NHST)，需报告精确 p 值而不是 p 的区间(小于 0.001 的报告区间，其他报告精确 p 值)。你的论文是否符合该项要求？如果是贝叶斯因素，是否已报告其对先验分布假定的敏感性？

答：符合要求。

7. 为保证论文中数据报告的完备性，统计分析中如果剔除了部分数据，是否在文中报告？原因是什么？包含这部分数据的统计结果如何变化？统计分析中是如何处理缺失数据的？使用量表时是否删除了其中的个别题目？原因是什么？如果包含这部分题目，统计结果会如何变化？是否有测量的项目或者变量没有报告？原因是什么？请写出在论文中的位置。

答：论文实验方法部分报告了数据删除依据及数据删除量，详见 2.2.2 和 3.2.2 部分。

8. 研究用到的未经过同行评议和审查的实验材料、量表或问卷，是否附在文件的末尾以供审查？如果没有，请写出理由。如果该文发表，您是否愿意公开这些材料与其他研究者共享？

答：研究中所用到的实验材料已附在文章末尾。

9. 本刊要求作者提供原始数据，请在以下 3 种里选择一种打√：

a)投稿后将数据发至编辑部邮箱 ( )

b)数据可以从如下链接中获得 ____ ( )

c)原始数据和程序已在心理科学数据银行(https://psych.scidb.cn/)上分享 (√)

d)如不能提供，请说明理由或提供有关证明。

10. 您的研究是否是临床干预或实验室实验？ 是(√) 否( )
如果是，请提供预注册登记号 ____________________ 。
如果没有，请说明原因 本研究在设计之初，本刊还未开通预先备案。今后续相关研究将会按照要求预先备案。

注：临床干预或实验室实验，建议在收集数据前预注册(pre-register)。也鼓励其他实验研究预注册。预注册要求写出所有的研究假设及其支持，以及实验/干预的详细过程和步骤。本期刊的预注册网站是 https://os.psych.ac.cn/preregister (使用说明书见本刊网站“下载中心”)或 https://osf.io/ 或 https://aspredicted.org/。如果您的研究有预注册，会显著增加被录用的机会。预注册的重要性可参考 https://osf.io/5awp4/

11. 您的研究如果用到了人类或动物被试，是否得到所在单位伦理委员会的批准？如果是，请把扫描版发至编辑部邮箱。如果否，请说明理由。

答：是

12. 是否依据编辑部网站发布的“英文摘要写作注意事项”撰写 400~500 个单词的英文大摘要？英文题目和摘要是否已请英语好的专业人士把关或者已送专业 SCI/SSCI 论文编辑公司修改润色？

答：是

13. 如果第一作者是学生，请导师单独给编辑部(xuebao@psych.ac.cn)发邮件，说明已阅读本文并认真把关。是否已提醒导师给编辑部发邮件？(编辑部收到导师邮件后才会考虑进入稿件处理流程)

答：导师为第一作者

14. 请到编辑部网站首页右侧“下载中心”下载并填写“稿件不涉密证明”，加盖通讯作者单位的保密办公章，把扫描件发至编辑部邮箱(xuebao@psych.ac.cn)。如没有保密办公章，请加盖通讯作者的单位公章。是否已发邮件？

答：是

中文阅读伴随词汇学习中的视觉复杂性效应：基于笔画数和词长的证据

摘　要：通过两个实验考查重复学习新词过程中视觉复杂性效应的变化模式。采用阅读伴随词汇学习范式，将双字假词作为新词，嵌入 15 个语境，分五个时间段供被试阅读。实验一操纵新词笔画数（多、少），实验二操纵新词词长（两字词、三字词），记录大学生阅读句子时的眼动轨迹。结果发现，随着新词学习次数的增加，笔画数效应并未发生显著变化，表明笔画数作为反映汉字视觉复杂性的因素之一，同时作用于词汇学习的早期和晚期，符合视觉限制性假说；相比之下，随着新词学习次数的增加，词长效应逐步减小，表现出词长的"熟悉性"效应，符合视觉和语言共同限制性假说。上述发现表明，笔画数和词长在中文阅读伴随词汇习得中的作用机制存在差异：笔画数类似于一种低水平视觉信息，作用于词汇加工的视觉层；而词长则更加类似语言信息的加工方式，作用于词汇加工的较高层级。

关键词：笔画数，词长，阅读伴随词汇学习，中文阅读，眼动

1 引言

在拼音文字阅读中，词汇视觉复杂性主要反映在词长方面。词长同时影响阅读眼动控制的 when（何时移动眼睛）和 where（眼睛移至何处）决定。与短词相比，长词的注视时间更长，注视比率更高，且落入长词的首次眼跳距离更长（仝文 等, 2020; Zang et al., 2018）。在词汇习得领域，研究者将词长效应随学习次数的变化作为衡量拼音文字阅读中词汇学习效果的过程性指标（Yang et al., 2024）。汉字是中文阅读的基本书写单位，它由不同的笔画按照特定的书写规则组合而成。单个汉字所占空间相同，但由于笔画数多少，词汇长度不同（大多数词汇由 1-4 个汉字组合而成），中文词汇的视觉复杂程度变异很大，由此造成字词学习难度差异较大（刘利影, 池霞, 2022; Li et al., 2022）。那么，在中文阅读伴随词汇习得过程中，词汇的视觉复杂性如何影响其习得效果？特别是，视觉复杂性效应如何随新词学习效果的累积而发生变化？对该问题的回答有助于从词汇习得视角理解视觉复杂性效应的作用机制，为发展中文阅读伴随词汇习得效果的过程性指标提供理论支撑。

中文阅读的词汇视觉复杂性主要体现在如下两方面：（1）笔画数。常用汉字大多由 1 至 36 画构成（《现代汉语通用字笔顺规范》, 1997），例如"一"，由 1 个笔画构成，视觉上

看起来较为简单；“齉”，由 36 个笔画构成，视觉上较为复杂。系列研究发现，笔画数效应稳定地存在于中文词汇识别和自然阅读中（宋悉妮 等, 2022; Jiang et al., 2020），被称作中文阅读“三大效应”之一（Clifton et al., 2016），即与多笔画字词相比，少笔画字词注视时间更短，跳读率更高（Ma & Li, 2015），汉字每增加一笔，其注视时间平均增加 4.6ms（闫国利, 白学军, 2007）。（2）词长。多数中文词汇由 1-4 个汉字构成。例如，相比于单字词“不”，四字词“不耻下问”在视觉上较长，看起来更为复杂。与长词相比，短词的注视时间更短，注视次数更多，跳读率更高（张慢慢 等, 2020; Zang et al., 2018; Kuperman et al., 2024; Siegelman et al., 2022）。

基于视觉复杂性在词汇识别中的重要作用，当前主流的阅读眼动控制模型均将视觉复杂性纳入模型，以提升解释力，如 E-Z 读者模型（Reichle et al., 2009）、SWIFT 模型（Engbert et al., 2005）、OB-1 读者模型（Snell et al., 2018）以及中文阅读眼动控制模型（Chinese Reading Model，简称 CRM，Li & Pollatsek., 2020）。这些模型均主张，词汇的视觉信息经由眼睛传入视觉皮层，输入信息的词汇长度、笔画数多少、结构等影响眼睛对目标词的注视时间（“when”问题）以及眼跳编码过程中的注视位置（“where”问题）。然而，不同方面的视觉复杂性信息究竟如何影响词汇识别及眼跳定位，上述模型均未作出详细解释。特别是在中文阅读中，词汇视觉复杂性同时表现在笔画数和词长两方面，它们以相同的方式影响阅读眼动控制还是有所差异，还无定论。结合已有文献和中文阅读眼动控制的 CRM 模型，我们提出视觉复杂性可能以如下两种方式作用于中文阅读。基于 CRM 模型在解释中文阅读眼动控制中的重要性。在陈述这两种观点之前，首先对 CRM 的基本主张做简要概述。该模型遵循交互激活的基本逻辑，主张在词汇加工模块包括视觉层、汉字层和词汇层三个层级。其中，汉字层和词汇层之间互相影响，而每个层内被激活的节点之间互相竞争、彼此抑制。具体来讲，知觉广度内所有的汉字平行激活，这些汉字可能组成的词也都会被激活并相互竞争，首先达到识别阈限者胜出，同时也意味着该词已被成功切分。

第一，视觉限制性假说（visual constraint hypothesis）。基于人类视敏度从中央凹至副中央凹逐渐下降，该假说主张，视觉复杂性效应是由于笔画数、词长等低水平视觉信息在输入过程中受到视敏度的限制而产生。具体来说，视觉复杂性因素作为一种纯视觉信息，作用于 CRM 模型词汇加工模块的视觉层。如果该假说成立，依据 CRM 模型的观点，位于最低加工层级的视觉信息与位于词汇加工层级的语言因素（如词频）之间应以叠加而不是交互的方式影响词汇识别，即视觉复杂性与词频不会产生交互作用。上述观点得到一些早期实验证据的支持。例如，Inhoff 等人（2003）采用边界范式，在副中央凹操纵预视词的词频（高频、

低频）和词长信息是否与目标词相同，结果发现了词频和词长的主效应，即高频、或者词长信息正确条件下目标词的注视时间显著短于低频、或词长信息不正确条件，但二者的交互作用不显著。彭聃龄和王春茂（1997）在词汇命名和词汇判断中也发现汉字笔画数和字频之间无交互作用。上述结果均支持词长和词频在中文阅读中的作用方式是相加，而不是交互的。

第二，视觉和语言共同限制性假说（visual and linguistic constraint hypothesis）。基于词长、笔画数和词频呈显著负相关，即笔画数多或长词的词频相对更低（Rayner et al., 2011; 邓耀臣, 冯志伟, 2013），该假说认为，视觉复杂性因素并非仅纯粹是一种视觉水平信息，同时也携带着一定程度的语言学信息。因此，视觉复杂性效应并非纯粹由视敏度限制，而是视觉和语言方面共同限制的结果。如果该假说正确，视觉复杂性因素应同时作用于 CRM 模型中的低水平视觉层和较高水平的汉字层和词汇层。那么，词长、笔画数等视觉信息应和高水平的语言学信息（如词频）交互作用于中文阅读的词汇识别。

该假说得到两方面实验证据的支持。第一，在中国汉字和日本汉字阅读中，仅在低频汉字加工中发现了笔画数效应（Liversedge et al., 2014; Zang et al., 2018）。在拼音文字阅读中（如德语和英语），低频词的词长效应也显著大于高频词（Loberg et al., 2019）。表明，词频和词长、笔画数等视觉因素交互作用于词汇识别。第二，研究者通过特殊实验操纵，试图解释词长效应究竟是由于其物理长度，还是由此带来的语言学信息量差异所导致。例如，Hautala（2011）将不同长度的单词限制在相同空间宽度内（保证视敏度相同），依然发现词长影响注视时间，单词中字母越多，对该词的注视次数越多，注视时间越长。由此认为，词长对眼动系统的影响可能超过其物理长度的作用。Miellet 等人（2009）则通过放大副中央凹加工（Parafoveal magnification），即副中央凹字体随眼睛移动依次被放大，代偿视敏度随偏心距的增大而下降的问题。结果发现，在视敏度得到补偿后，词长依旧影响词汇注视时间，再次表明视觉复杂性效应并非单纯由于视敏度限制，在一定程度上与其携带的语言学信息量相关。

需要注意的是，目前关于视觉复杂性效应作用机制的实验证据均来自于词汇识别领域，对于视觉复杂性和词频关系的考察也仅限于将词频作为一个二分变量（高频、低频）。事实上，词频在词汇和语言习得过程中是一个连续变量，即由不认识到认识，再到熟悉的过程。在阅读中伴随习得词汇更是如此，一个新词需要在不同的阅读情境中出现多次，读者才能够构建一个相对完整的新词表征。在此过程中，随着新词表征的逐步构建和巩固，词汇也就变得越来越熟悉，由此表现出阅读伴随词汇学习的“渐进性和累积性”特点（梁菲菲 等, 2024; Liang et al., 2021; Joseph et al., 2014）。那么，在阅读伴随词汇学习中，视觉复杂性效应如何随着新词学习次数的增多而发挥作用，特别是，反映中文阅读过程中的视觉复杂性因素，即

笔画数和词长是否以相同的方式作用于词汇习得？

为此，本研究通过两项实验试图从词频连续变化的视角揭示视觉复杂性效应的作用机制。基于中文阅读的视觉复杂性主要表现在笔画数和词长两方面，实验 1 操纵新词笔画数（多笔画、少笔画），实验 2 操纵新词词长（两字词、三字词），将一对新词嵌入 15 个强限制性语境中，记录大学生句子阅读时的眼动轨迹。为了更加自然地模拟真实阅读情境中的词汇学习，本研究对 Liang 等人（2015, 2017, 2021）的阅读伴随词汇学习范式进行改编，要求被试分五次阅读包括同一新词的 15 个语境（两次间隔时长在半天到一天之间），每次阅读三个句子。首先，基于低频词识别中较为稳定的笔画数效应（Liversedge et al., 2014; Tse & Yap, 2018）性效应。关于视觉复杂性效应如何随新词学习的深入而变化，有如下两种假设：第一，如果视觉限制性假说成立，即视觉复杂性效应仅受视觉限制，我们预期，阅读伴随词汇学习中的笔画数效应和词长效应将不会随着新词学习次数的增多而减小。第二，如果视觉和语言限制性假说成立，即视觉复杂性效应同时受视觉和语言加工限制，我们预期，随着新词学习次数的增多，其加工方式也逐步由低频词的“特征分析式”加工方式向高频词的“整体式”加工方式所转变（梁菲菲等人, 2024），其笔画数效应和词长效应也逐步减小。

2 实验 1　汉字笔画数在阅读伴随词汇学习中的作用

2.1 实验方法

2.1.1 被试

84 名在校大学生参与本实验。所有被试视力或矫正视力正常，母语均为汉语，事先不知晓实验目的。实验结束后，均获相应报酬。

2.1.2 实验设计

采用 2（新词笔画数：少笔画、多笔画）×5（学习阶段：一、二、三、四、五）的被试内实验设计。因变量为反映词汇加工注视时间和注视位置的系列眼动指标，以及后测的正确率或反应时。

2.1.3 实验材料

构造少笔画和多笔画双字假词各 8 对作为目标新词，构成新词的汉字均为真字。少笔画新词由两个少于 7 个笔画的汉字组成，如“印木”；多笔画新词由两个多于 10 画的汉字组成，如“露提”。经配对样本 t 检验，两个实验条件下新词的笔画数存在显著差异，$t(7) = 20.15, p < 0.05$。匹配两个实验条件下构成新词汉字的词素位置概率和字频，见表 1 所示。t 检验结果显示：两类新词首词素和尾词素的字频、字频 Log 值差异均不显著，$ts < 1.60, ps > 0.05$；

两个实验条件下首词素、尾词素的词素位置概率差异不显著（ts < 1.40, ps > 0.05），字频差异不显著（ts < 0.84, ps > 0.05）。

表 1 两种笔画数条件下构成词素的笔画数、字频与词素位置概率

	少笔画新词（印木）		多笔画新词（露提）	
	首词素	尾词素	首词素	尾词素
笔画数	4.13(0.99)	4.13(0.64)	13.5(3.07)	12.88(1.13)
字频	344.65(227.63)	270.30(142.99)	381.63(434.24)	209.67(142.42)
字频(Log)	4.14(0.37)	4.04(0.25)	4.06(0.41)	3.92(0.26)
词素位置概率(首)	0.44(0.10)	0.49(0.24)	0.44(0.10)	0.49(0.24)

将每个新词嵌入 15 个强限制性语境中供被试构建新词含义，句子长度为 14–33 个汉字，平均字数为 21.59。将新词描述成被试所熟悉的语义类别中的一个新成员。句子框架中不包含与新词语义范畴直接对应的明确信息，而是呈现与其语义有关的部分典型特征，以提供与新词语义有关的语义线索。此外，为防止阅读中目标前词为高频助词（如“的”）对新词眼动注视模式产生影响，保证目标词左右两侧均无高频助词“的”（Zang et al., 2018）。每种语义类别下的两个新词（对应少笔画和多笔画条件）和两套句子框架进行平衡，生成两个 block。实验共包含 8 个语义类别，240 个实验句。

分别选取不参加正式实验的 90 名在校大学生对句子通顺性和难度进行 5 点等级评定，“1”代表句子非常不通顺或句子非常简单，“5”代表句子非常通顺或句子非常难。在评定过程中，参考 Liang 等人（2015, 2017, 2023）的做法，将实验句中的新词替换为与新词同一语义类别的熟悉成员，如“生活在南方的原始节夫喜欢从树上跳到湖里”，将“节夫”替换“眼镜猴”后进行评定。实验句的平均通顺性为 4.06（SD = 0.82），平均难度为 1.36（SD = 0.19），表明实验句均通顺且易于理解。为保证被试认真完成实验，每三个包含新词的句子中随机出现一道阅读理解题目，要求被试对先前阅读内容与当前阅读句子的含义是否一致进行判断。学习阶段的实验材料举例见表 2 所示。

表 2 学习阶段实验材料举例

学习顺序	阶段	句子编号	句子框架
		1	探险家说，生活在南方的原始**节夫**喜欢从树上跳到湖里。
	1	2	他们发现，喜欢捉鱼吃是这种**节夫**具有的一大特点。
		3	因为这个特点，可以训练**节夫**当人类的捕鱼助手。
		4	占了半张脸的一双大眼睛让**节夫**看起来特别可爱，还很萌。
	2	5	而且，脖子可以转一圈也是**节夫**突出的特点。
		6	这些外形上的特点使得**节夫**成为当地人的一种宠物。
		7	说起食物喜好，雨林里的野果并不是**节夫**最喜欢吃的。
学习阶段	3	8	而当地人种的花生却总是被**节夫**偷吃光。
		9	据说，还发生过**节夫**跳到农家里吃肉的事情。
		10	当地人认为**节夫**是一种可爱的吉祥物。
	4	11	听说，他们总喜欢把**节夫**当作宠物喂养。
		12	一般，那种家养**节夫**只有大人的手掌那么大。
		13	有冷风的时候，为了保暖，群居的年幼**节夫**经常挤在一起睡觉。
	5	14	相互理毛也是野生**节夫**常见的行为动作。
		15	不过，这些群居**节夫**从来不分享食物，也是有点怪。

注：表格中加粗、下划线为目标词，正式实验未对目标词进行特殊标记。

为考察新词学习效果，被试完成学习阶段后，依次进行如下测试：正字法选择任务、真假词判断任务、语义类别选择任务。为了让被试在学习阶段完成后，不要对学习内容进行有意复述和主动回忆，测试前加入数字倒背任务。

（1）正字法选择任务，用以评估笔画数多少是否影响被试对新词正字法知识的学习程度。包括如下四个选项：目标新词（如“印木”）、与目标新词中首字或尾字仅有一笔或两笔差异的假词（如“印本”）、与目标新词同音或近音的假词（如“饮目”）、无关假词（如“生办”），要求被试在四个选项中选择阅读过的词。共包括 16 个试次。

（2）真假词判断任务，用以评估笔画数多少是否影响新词进入现存概念语义网络的程度（Zhang et al., 2019）。采用语义启动范式，要求被试判断“+”呈现后的第二个词是否为真词，如果“是”请按“J”，如果“否”请按“F”。测试中的启动词为所学新词，目标词包括如下三种类型：16 个与启动词语义相关的真词、16 个无关真词、32 个假词。为操纵目标词与启动词间的语义相关性，对目标词进行以下操纵：按目标真词（如“猴子”）与启动刺激（如“山门”）之间的语义类别（如“动物”）相关程度，设置语义相关度高、低两组材料。选取不参与正式实验的 60 名大学生对其进行五点等级评定，其中“1”表示低语义相关；“5”表示高语义相关。评定结果显示，两组材料与启动词之间的语义相关程度差异显著($ts > 9.49$,

$ps < 0.001$, Cohen's $d > 2.99$)，且与启动词语义相关的两组真词的笔画数（$ts < 1.06, p > 0.05$）和词频（$ts < 1.10, p > 0.05$）均不存在显著差异。共包括 64 个试次。实验流程见图 1。

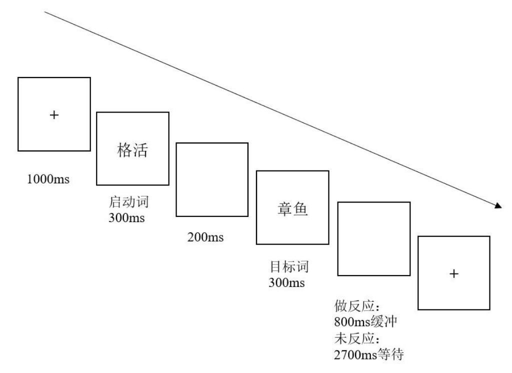


图 1 真假词判断任务流程图

（3）语义类别选择任务，用以评估笔画数多少是否影响被试对新词语义类别的学习程度。要求被试在如下 4 个选项中选择新词所属的语义类别：目标新词的语义类别、学习过的其它新词的语义类别以及两个无关语义类别。共 16 个试次，按随机顺序呈现。

2.1.4 实验仪器

采用由加拿大 SR Research 公司开发的 Eyelink 1000 Plus 型眼动仪。仪器采样率为 1000Hz。实验材料在 Asus 显示器上呈现，屏幕分辨率调整为 1024×768 像素。被试眼睛与屏幕之间的距离为 61cm。刺激以宋体 18 号字体呈现，每个汉字的大小为 25×25 像素，呈 0.92°视角。后测实验在一台 Asus FX50J 型号的笔记本电脑进行，屏幕分辨率调整为 1024×768 像素，刷新率为 60Hz。采用 E-Prime 编程，所有刺激均以白底黑字的形式呈现在屏幕中央，语义启动实验中的字号为宋体 24 号。

2.1.5 实验程序

实验采用单独施测。采用水平三点校准，平均误差小于 0.25°，以保证眼动数据记录的精确性。校准成功后，呈现指导语，被试理解指导语后进入练习试次。在学习阶段，被试需要在五个时间段（平均分布在 2.5 天至 5 天）进行学习，每次完成包含所有新词的三个语境的阅读，大约需要 15 分钟。在第五次学完新词后进行测试，总实验耗时约 120 分钟。同时，为保证实验的生态效度，实验过程中每个被试参加实验的时间间隔由半天到一天不等。整个实验学习阶段及测试阶段流程见图 2。

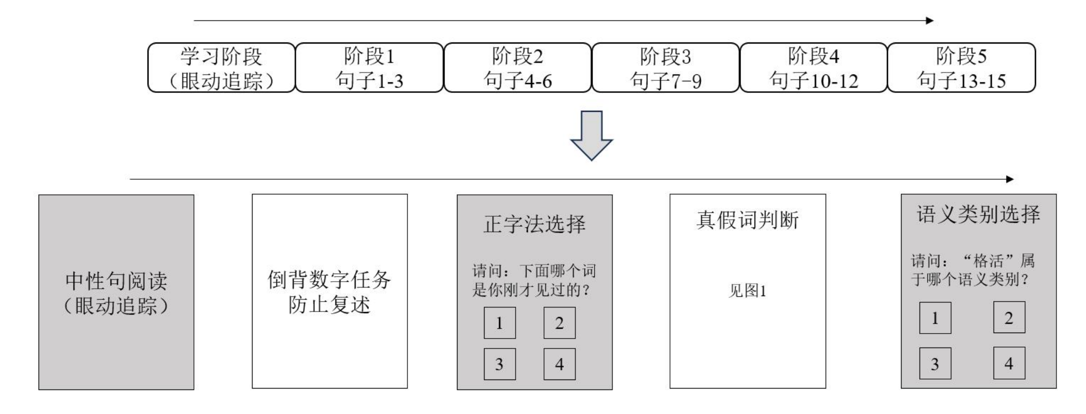


图 2 实验流程图

2.2 结果

2.2.1 测试阶段结果分析

5 个学习阶段的阅读理解正确率均高于 90%，且在多笔画和少笔画条件下的差异不显著（$t(83) = 1.03, p = 0.31$），表明被试在实验过程中认真阅读了实验句。

正字法选择测试正确率。被试在多笔画（$M = 98\%, SD = 5\%$）和少笔画（$M = 96\%, SD = 6\%$）条件下的正字法选择正确率均高达 95%以上，且对多笔画新词的正字法选择正确率显著高于少笔画新词（$t(83) = –2.24, p = 0.03$）。该结果表明，经过 15 个语境的阅读，中文读者对新词正字法知识的学习已达到天花板，这验证了前人的研究结果，即读者对新词正字法知识学习发生的较快（Ginestet et al.,2021）。

语义类别选择测试正确率。被试在两个实验条件下的正确率均高于随机水平（25%, $t(83) = 125.45, p < 0.001$），且对少笔画新词（$M = 72\%, SD = 21\%$）的语义类别判断正确率显著高于多笔画新词（$M = 66\%, SD = 22\%$），$t(83) = –2.90, p = 0.01$。该结果表明，通过 15 个语境的学习，读者可以在一定程度上习得新词的语义类别知识，且新词的笔画数越少，其语义类别知识的学习程度越高。

词汇判断任务正确率和反应时分析。各条件的正确率和反应时统计见表 3。正确率分析结果发现，在多笔画条件和少笔画条件下，目标词与启动词语义相关和无关条件下的正确率无显著差异（$t\text{s} < 1.62, p\text{s} > 0.05$）。反应时分析结果发现，当启动词为少笔画时，语义相关条件下对目标词的反应时显著短于不相关条件（$t(82) = 2.87, p = 0.01$），即出现语义的正启动效应；当启动词为多笔画时，语义相关和无关条件下的反应时无显著差异（$t(82) = –1.76, p = 0.08$）。该结果表明，经过 15 个语境的学习，少笔画新词开始出现内隐的语义整合。

表 3 实验 1 真假词判断任务的反应时(ms)和正确率(%)

启动刺激笔画数	指标	目标词语义相关度	
		相关	无关
多笔画	反应时	639(112)	628(124)
	正确率	94.13(8.80)	95.33(7.23)
少笔画	反应时	632(109)	648(123)
	正确率	95.33(8.88)	93.22(9.42)

注：括号内为标准差

2.2.2 学习阶段眼动数据分析

首先，删除注视时间短于 80ms 或长于 1200ms 的注视点。按以下标准删除数据（Blythe et al., 2012; Liang et al., 2021)：（1）被试过早按键或因错误按键导致句子未读完；（2）眼动数据追踪丢失；（3）实验句的注视点少于 3 个；（4）3 个标准差以外。剔除数据占总数据的 2.58%。

将双字新词作为兴趣区，选取跳读率、首次注视时间、凝视时间、回视入比率、总注视次数、总注视时间六个反应词汇识别不同加工过程的眼动指标以及反映眼跳定位的视入眼跳距离、视出眼跳距离作为因变量。采用基于 R（R Core Team, 2016）语言环境下的线性混合模型（linear mixed-effects models, LMM）lme4 数据包（Bates et al., 2023）、广义线性混合模型（generalized linear mixed-effects models, GLMMs）进行数据分析。对时间类眼动指标进行 log 转换后纳入模型。将被试和项目作为随机效应，新词笔画数和学习阶段（1-5）及其交互作用作为固定因素纳入模型进行分析，其中新词笔画数为因子型变量，学习阶段为连续变量。数据分析时采用随机效应逐渐递减原则，直至模型拟合成功。*t* 或 *z* 值大于 1.96，表示达到显著水平。

2.2.2.1 与词汇识别相关的眼动指标分析

被试在多笔画和少笔画新词上的注视情况见图 3，模型分析结果见表 4。

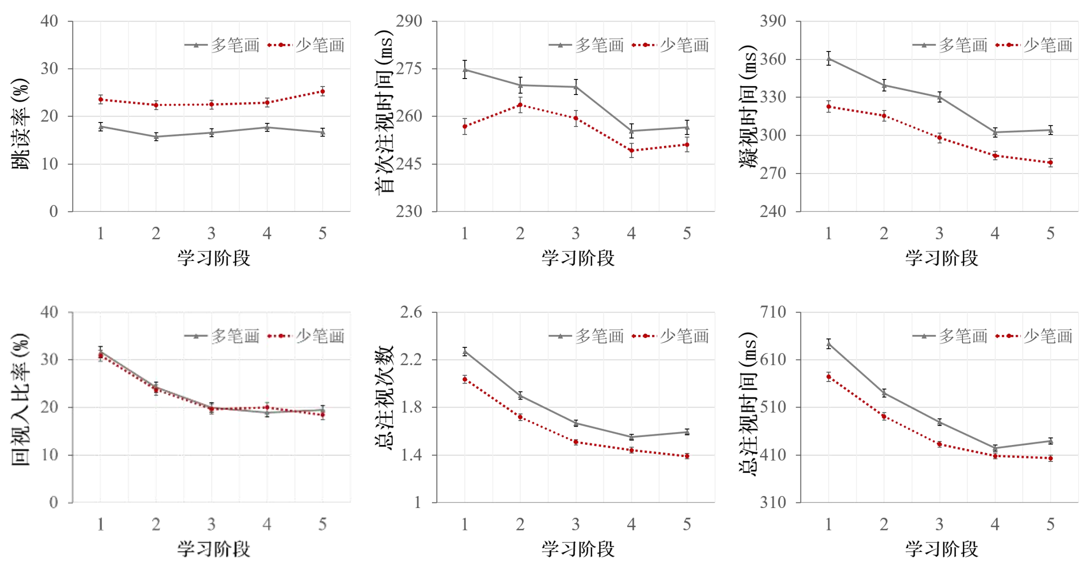


图 3 两种笔画数条件下新词的注视时间和比率统计

学习阶段的主效应在跳读率分析中不显著（$b = 0.02, SE = 0.02, z = 0.78$），在其它眼动指标分析中，学习阶段的主效应均显著（ts 或 zs > 3.70），随着学习阶段的逐步累积，被试在新词上的注视时间逐步缩短，总注视次数逐步减少，回视入比率逐步降低。该结果重复了阅读伴随词汇学习的“渐进性”和“累积性”特点（Liang et al., 2021）。

笔画数的主效应在回视入比率的分析中不显著（$b = -0.03, SE = 0.10, z = -0.29$），在跳读率、首次注视时间、凝视时间、总注视时间和总注视次数这五个指标上均显著（ts 或 zs > 4.34），与少笔画新词相比，读者在多笔画新词上的跳读率显著降低，注视时间显著增长，总注视次数显著增多。表明笔画数信息在词汇加工的早期阶段开始起作用，一直持续到词汇加工的晚期阶段。

笔画数与学习阶段的交互作用在所有指标的分析中均不显著（ts 或 zs < 1.83），表明阅读伴随词汇学习中的笔画数效应并未随着新词学习次数的增加而减弱，提示笔画数作为一种视觉信息，稳定地作用于阅读伴随词汇学习的全程。

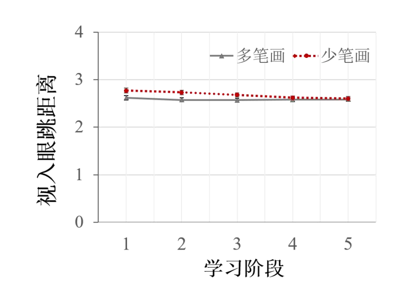
表 4 两种笔画数条件下新词注视时间和比率统计模型分析汇总结果

	变量	*b*	*SE*	*t/z*	95%CI
跳读率	截距	−1.91	0.12	–16.25	[–2.14, –1.68]
	笔画数	**0.65**	**0.11**	**5.83**	**[0.43, 0.87]**
	学习阶段	0.02	0.02	0.78	[–0.03, 0.06]
	笔画数×学习阶段	0.02	0.03	0.69	[–0.04, 0.08]
首次注视时间	截距	5.54	0.01	375.71	[5.51, 5.56]
	笔画数	**−0.05**	**0.01**	**−4.34**	**[–0.08, –0.03]**
	学习阶段	**−0.01**	**0.004**	**−3.70**	**[–0.02, –0.01]**
	笔画数×学习阶段	0.01	0.004	1.45	[–0.002, 0.01]
凝视时间	截距	5.61	0.02	235.59	[5.56, 5.66]
	笔画数	**−0.04**	**0.01**	**−3.09**	**[−0.06, –0.01]**
	学习阶段	**−0.09**	**0.01**	**−6.22**	**[−0.12, –0.06]**
	笔画数×学习阶段	–0.03	0.02	–1.33	[−0.07, 0.01]
回视入比率	截距	−0.95	0.11	−8.65	[−1.16, –0.73]
	笔画数	−0.03	0.10	−0.29	[−0.23, 0.17]
	学习阶段	**−0.17**	**0.03**	**−6.12**	**[−0.23, –0.12]**
	笔画数×学习阶段	0.004	0.03	0.12	[−0.06, 0.06]
总注视次数	截距	2.16	0.07	31.15	[2.03, 2.30]
	笔画数	**−0.22**	**0.04**	**−6.01**	**[−0.29, –0.15]**
	学习阶段	**−0.16**	**0.02**	**−8.42**	**[−0.19, –0.12]**
	笔画数×学习阶段	0.01	0.01	1.28	[−0.01, 0.03]
总注视时间	截距	6.21	0.04	166.79	[6.14, 6.28]
	笔画数	**−0.12**	**0.02**	**−6.59**	**[−0.16, –0.09]**
	学习阶段	**−0.09**	**0.01**	**−8.44**	**[−0.10, –0.07]**
	笔画数×学习阶段	0.01	0.01	1.83	[−0.001, 0.02]

2.2.2.2 与眼跳定位相关的眼动指标分析

多笔画和少笔画新词的视入眼跳距离和视出眼跳距离见图 4 所示，模型统计结果见表 5。学习阶段的主效应在视入和视出眼跳距离上均不显著（ts < 0.64），表明阅读伴随词汇学习中的眼跳定位并未表现出“熟悉性效应”。笔画数的主效应在视入眼跳距离上显著（b = 0.16, SE = 0.03, t = 3.30），在视出眼跳距离上不显著（b = 0.05, SE = 0.06, t = 0.79），少笔画新词的视入眼跳距离显著长于多笔画新词，表明新词笔画数多少影响跳入新词的眼跳距离，但并不影

响跳出新词的眼跳距离。学习阶段和笔画数的交互作用在这两个指标中均不显著（*t*s < 1.47）。



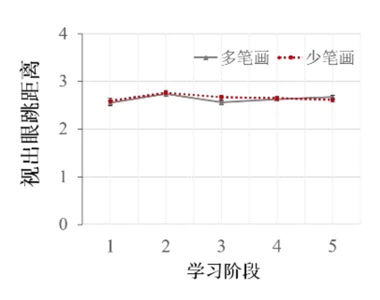


图 4 两种实验条件下新词的视入和视出眼跳距离

表 5 两种笔画数条件下对新词眼跳定位的模型分析汇总结果

	变量	*b*	*SE*	*t/z*	95%CI
视入眼跳距离	截距	2.90	0.11	26.16	[2.68, 3.12]
	笔画数	**0.16**	**0.05**	**3.30**	**[0.07, 0.26]**
	学习阶段	− 0.01	0.03	− 0.31	[− 0.06, 0.05]
	笔画数×学习阶段	− 0.02	0.01	− 1.47	[− 0.05, 0.01]
视出眼跳距离	截距	2.68	0.08	32.72	[2.52, 2.84]
	笔画数	0.05	0.06	0.79	[− 0.07, 0.16]
	学习阶段	0.01	0.02	0.64	[− 0.03, 0.06]
	笔画数×学习阶段	0.002	0.02	0.13	[− 0.03, 0.04]

2.3 讨论

本实验采用 Joseph 等人（2014）创设的更加接近自然阅读的伴随词汇学习范式，要求读者在五个不同的时间段学习同一新词，通过操纵构成新词两个汉字笔画数的多少，考察新词视觉复杂性如何作用于阅读伴随词汇学习。有如下发现：

首先，随着学习次数的增加，新词的注视时间、注视次数以及回视入比率逐步下降，反映新词表征逐步建立和巩固的过程。比较分散学习实验范式（本研究采用）和集中学习实验范式（Liang et al., 2021）下的新词学习曲线，发现这两种实验范式均能反映新词学习过程中的“渐进性”和“累计性”特点，但学习曲线在学习的中后期表现出差异：在前几次阅读中，两种实验范式下的学习曲线类似，呈现出下降趋势，但是集中学习范式下的学习效应更早地趋于渐近线（大约在第四、五次阅读后，见 Liang et al., 2021），而分散学习下的学习效应继续保持，直到第 15 次，还未达到渐近线（见 Joseph et al., 2014）。这可能是由于在集中学习实验范式下，被试在同一时间段完成词汇学习，且包含新词的所有语境先后呈现，这在一定程度上易化词汇学习：读者在短时间内学习到的关于新词的形、音、义表征存储在短时记忆中，在下一次阅读中，通过提取短时记忆中的记忆痕迹即可促进当前新词表征的构建和巩固。而分散学习在更长的时间段中进行新词学习（2.5 天至 5 天），涉及到新词表征在长时记忆中

的存储、巩固和提取，虽然词汇学习发生的较慢，但更加类似于真实阅读情境中的词汇学习。需要说明的是，由于分散学习实验范式耗时较长，且不易控制睡眠、回忆、疲劳等外在因素的影响，当前关于阅读伴随词汇学习的研究大都采用集中学习的实验范式（如梁菲菲 等, 2019, 2024; Joseph et al., 2014; Liang et al., 2015, 2017, 2021）。本研究为两种实验范式下新词学习效果的差异提供了实验证据，后续研究者有必要根据实验目的选择合适的实验范式进行词汇学习研究。

其次，本实验发现了显著的笔画数效应。该效应不仅表现在 when 方面（如首次注视时间、凝视时间和总注视时间），同时也表现在 where 方面（视入眼跳距离），表明笔画数不仅影响新词的识别速度，同时还引导眼跳定位。更为重要的是，在所有眼动指标中均未发现新词笔画数与学习阶段的交互作用，即笔画数效应并未随着新词学习的深入而逐步减小，这在一定程度上支持视觉限制性假说，表明笔画数和词频在中文阅读中的作用方式是相加，而不是交互的。

最后，笔画数在新词正字法知识和语义知识学习中起不同作用。在正字法知识学习中，虽然经过15次阅读，多笔画新词和少笔画新词的正字法知识判断正确率已接近天花板，但多笔画新词的正确率显著高于少笔画新词，表明新词正字法知识学习中可能存在速度和准确率权衡（Dutilh et al., 2009）：少笔画新词的注视时间相对较短，相应地，其正字法知识学习表现也相对较差；相比之下，多笔画新词的注视时间相对较长，其正字法知识的学习效果相对较好。在语义知识学习中，少笔画新词的优势不仅表现在相对浅层的语义类别知识学习中，同时也表现在相对深层的语义知识学习中（如是否与现有词汇产生竞争）。经过15次学习，当少笔画新词作为启动刺激时，读者对语义相关词汇的判断时间显著短于语义不相关词汇，呈现显著的正向语义启动效应。表明少笔画新词在15次学习之后，其语义在一定程度上已被组织到现存心理词典的概念语义网络（Korochkina et al., 2021）。然而，多笔画新词在15次学习之后，并未表现出正向的语义启动效应，表明多笔画新词的语义表征还未纳入现存的概念语义网络，实现词汇卷入。在总讨论中，我们将结合词长效应综合讨论汉字视觉复杂性在新词表征构建中的不同作用机制。

3 实验 2　词长在阅读伴随词汇学习中的作用

3.1 方法

3.1.1 被试

81 名在校大学生参与本实验。被试选择标准同实验 1。

3.1.2 实验设计

采用 2（新词词长：两字、三字）×5（学习阶段：一、二、三、四、五）的被试内实验设计。因变量为反映词汇加工注视时间和注视位置的系列眼动指标，以及后测测试的正确率或反应时。

3.1.3 实验材料

基于 SUBTLEX-CH 语料库（Cai & Brysbaert, 2010），选择 40 个高频汉字（频率均大于 100/百万）作为构成新词的词素。平均字频 521/百万，平均笔画数为 8.35。用所选汉字组合成 16 个假词作为新词，其中两字、三字词各 8 个。所有假词在《现代汉语词典》中均不存在。在两个实验条件下对新词笔画数、字频、词素位置概率等进行匹配（见表 6 所示）。

表 6 两种词长条件下构成词素的笔画数、字频与词素位置概率

	三字新词（红音考）			双字新词（格活）	
	首词素	中间词素	尾词素	首词素	尾词素
笔画数	7.88(1.73)	8.25(1.39)	8.63(1.68)	8.50(1.41)	8.50(1.41)
字频	268.75(202.75)	804.77(972.14)	588.06(498.74)	517.95(540.14)	556.04(422.29)
字频(Log)	4.00(0.31)	4.34(0.46)	4.30(0.38)	4.21(0.41)	4.33(0.27)
词素位置概率(首)	0.28(0.12)	0.33(0.17)	0.44(0.24)	0.44(0.13)	0.45(0.08)

首先，两组新词首字笔画数、字频，双字新词尾字与三字新词中间字的笔画数、字频，以及首字位于双字真词和三字真词词首、词尾的词素位置概率，均无显著差异（ts < 1.34, ps > 0.05）。其次，双字新词首字、尾字分别位于双字真词词首、词尾的词素位置概率值与 50% 无显著差异（ts < 1.63, ps > 0.05）。三字新词内首字、中间字、尾字分别位于三字真词的词首、词中间、词尾的词素位置概率值与 0.33 无显著差异（ts < 1.49, ps > 0.05）。最后，不可避免的，三字新词总笔画数显著多于双字新词（$t(14) = 7.28$, $p < 0.001$），在眼动数据分析部分，将标准化后的笔画数作为协变量纳入线性混合模型进行分析。新词语义类别的设置以及句子框架同实验 1。

后测包括正字法选择任务、正字法选择任务、真假词判断任务和语义类别选择任务。编制标准同实验1。按目标真词（“章鱼”）与启动刺激（“格活”）之间的语义（如“动物”）相关程度，选取语义相关度高、低两组材料，选取不参与正式实验的50名大学生对语义相关程度进行五点等级评定，其中“1”表示两个词之间的语义相关程度很低；“5”表示语义相关

程度很高。两组材料与启动刺激的语义相关程度评分均差异显著（$t(15) > 11.11, ps < 0.001$）。与启动刺激语义相关程度不同的两组材料之间在笔画数（$ts < 0.43, ps > 0.05$）、词频（$ts < 0.43, ps > 0.05$）均无显著差异；两组新词与其对应的语义相关、无关目标真词，以及目标非词之间在笔画数上也不存在显著差异(双字词：$Fs < 0.04, ps > 0.05$; 三字词：$Fs < 0.15, ps > 0.05$)。

3.1.4 实验仪器和实验程序

同实验 1。

3.2 结果

5 个学习阶段的阅读理解正确率均高于 93%，且两个实验条件中的阅读理解正确率无显著差异（$t(80) = –0.97, p = 0.34$），表明被试在实验过程中认真阅读了实验句。

3.2.1 后测结果分析

正字法选择测试和语义类别选择测试正确率分析。三字新词的正字法选择正确率和语义类别正确率（正字法选择正确率：$M = 98\%$，$SD = 5\%$；语义类别选择正确率：$M = 81\%$，$SD = 17\%$）显著高于双字新词（正字法选择正确率：$M = 93\%$，$SD = 9\%$；语义类别选择正确率：$M = 60\%$，$SD = 20\%$），$ts > 4.23, ps < 0.001$。表明通过 15 个语境的学习，读者对三字新词的正字法知识和语义类别知识的学习程度高于双字词。

词汇判断任务的正确率和反应时分析。如表 7 所示，在双字词启动条件下，语义相关词和语义无关词在判断正确率和反应时上无显著差异（$ts < 0.71, ps > 0.05$）；在三字词启动条件下，语义相关词的判断正确率显著低于语义无关词（$t(80) = –3.30$，$p < 0.001$），反应时显著长于语义无关词（$t(80) = –2.90$，$p < 0.001$），表明在 15 次学习之后，三字词产生了语义负向启动，而双字词并未产生任何语义启动效应。

表 7 实验 2 真假词判断任务的反应时(ms)和正确率(%)

启动刺激	指标	目标词语义相关度	
		相关	无关
三字词	反应时	594(95)	570(92)
	正确率	89.51(11.60)	94.29(11.19)
双字词	反应时	583(100)	594(104)
	正确率	91.67(11.00)	91.05(12.06)

注：括号内为标准差

3.2.2 学习阶段眼动结果分析

眼动数据剔除标准同实验 1，删除数据占总数据的 3.30%。眼动指标选择和分析方法同实验 1。由于三字新词和双字新词在笔画数上具有显著差异，将笔画数的标准化值作为协变

量纳入模型进行分析。

3.2.2.1 与词汇识别速度相关的眼动指标分析

被试在三字新词和双字新新词上的注视情况见图 5，模型分析结果见表 8。

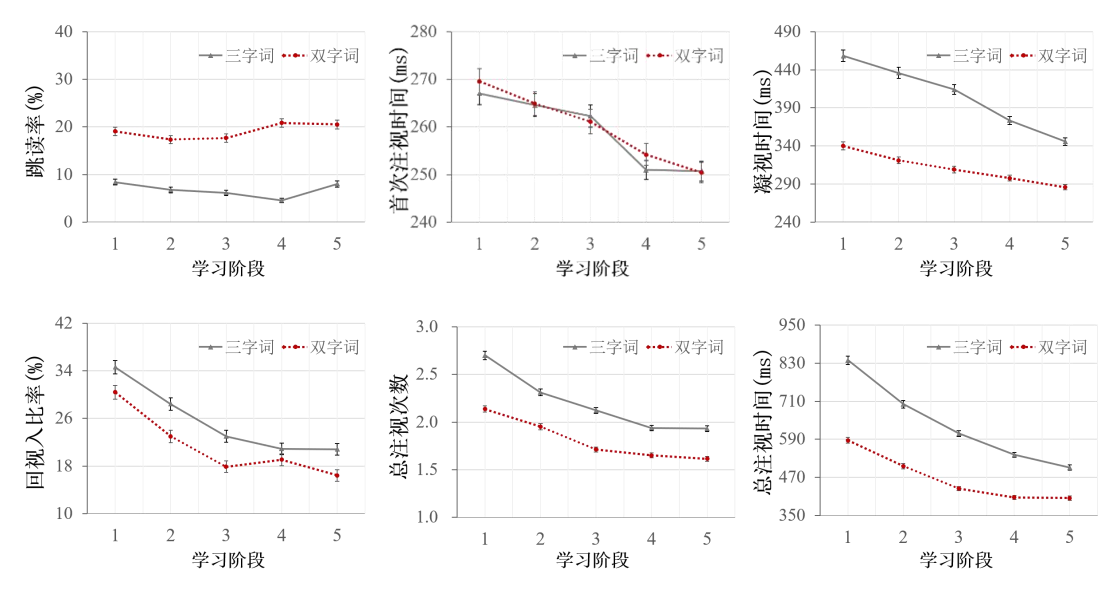


图 5 两种词长条件下新词的注视时间和比率统计

学习阶段主效应在跳读率分析中不显著（$b = 0.04$, $SE = 0.06$, $z = 0.58$），在其它眼动指标分析中均显著（ts 或 zs > 2.48, ps < 0.01），随着学习次数的增多，被试在新词上的注视时间逐步缩短，总注视次数逐渐减少，回视入比率逐步降低。该结果重复了实验 1 的发现，再次验证了阅读伴随词汇学习的“渐进性”和“累积性”。

词长的主效应在首次注视时间的分析中不显著（$b = -0.001$, $SE = 0.01$, $t = -0.09$），在跳读率、凝视时间、回视入比率、总注视次数、总注视时间这五个指标上均显著（ts 或 zs > 2.41, ps < 0.02），与双字词相比，读者在三字词上的跳读率显著降低，注视时间显著增长，总注视次数显著增多。表明词长信息在词汇加工相对早期阶段开始起作用，一直延续至词汇加工晚期阶段。

表 8 两种词长条件下新词注视时间和比率统计模型分析汇总结果

变量	*b*	*SE*	*t*/*z*	95%CI
截距	–3.08	0.22	–14.18	[–3.50, –2.65]
词长	**1.16**	**0.12**	**9.54**	**[0.92, 1.40]**

跳读率	学习阶段	0.04	0.06	0.58	[–0.09, 0.16]
	笔画数	**0.20**	**0.06**	**3.18**	**[0.08, 0.33]**
	词长×学习阶段	**0.09**	**0.04**	**2.37**	**[0.02, 0.16]**
首次注视时间	截距	5.51	0.02	285.60	[5.47, 5.54]
	词长	–0.001	0.01	–0.09	[–0.03, 0.02]
	学习阶段	**–0.01**	**0.01**	**–2.48**	**[–0.02, –0.003]**
	笔画数	**0.03**	**0.01**	**4.83**	**[0.02, 0.05]**
	词长×学习阶段	–0.0001	0.004	–0.02	[–0.01, 0.01]
凝视时间	截距	5.78	0.03	182.92	[5.71, 5.84]
	词长	**–0.28**	**0.02**	**–16.42**	**[–0.31, –0.25]**
	学习阶段	**–0.04**	**0.01**	**–3.71**	**[–0.07, –0.02]**
	笔画数	0.07	0.01	7.10	[0.05, 0.09]
	词长×学习阶段	**0.02**	**0.01**	**4.42**	**[0.01, 0.03**
回视入比率	截距	–0.76	0.13	–5.75	[–1.02, –0.50]
	词长	**–0.24**	**0.10**	**–2.41**	**[–0.44, –0.05]**
	学习阶段	**–0.23**	**0.04**	**–6.02**	**[–0.30, –0.15]**
	笔画数	0.04	0.05	0.85	[–0.06, 0.14]
	词长×学习阶段	0.01	0.03	0.27	[–0.05, 0.07]
总注视次数	截距	2.40	0.09	28.22	[2.23, 2.57]
	词长	**–0.55**	**0.07**	**–8.16**	**[–0.69, –0.42]**
	学习阶段	**–0.16**	**0.02**	**–6.52**	**[–0.21, –0.11]**
	笔画数	**0.10**	**0.02**	**4.26**	**[0.06, 0.15]**
	词长×学习阶段	**0.06**	**0.02**	**2.72**	**[0.02, 0.10]**
总注视时间	截距	6.29	0.05	124.86	[6.19, 6.39]
	词长	**–0.38**	**0.02**	**–21.38**	**[–0.42, –0.35]**
	学习阶段	**–0.10**	**0.01**	**–6.99**	**[–0.13, –0.07]**
	笔画数	**0.11**	**0.01**	**9.77**	**[0.09, 0.13]**
	词长×学习阶段	**0.03**	**0.01**	**5.92**	**[0.02, 0.04]**

词长与学习阶段的交互作用在跳读率、凝视时间、总注视次数、总注视时间上显著（ts 或 zs > 2.37, ps < 0.02）。见图 6 所示，在反映词汇加工最早期的跳读率上，双字词的跳读率随着学习阶段的增加逐步升高，表现为双字新词的熟悉性效应；相比之下，三字新词的跳读率在五个学习阶段保持在同一水平，这可能是由于三字新词长度较长，在新词学习早期阶段加工难度较大所致。在凝视时间、总注视时间和总注视次数三个眼动指标中，随着新词学习阶段的增加，词长效应逐步减小，具体表现为：对于双字新词，注视时间和注视次数随学习

阶段增加而下降的程度较大；相比之下，三字新词的注视时间和注视次数随学习阶段下降的程度较小。因此，词长效应随学习阶段的增加而减弱这一发现，在一定程度上表明双字新词的词汇表征构建速度快于三字新词。

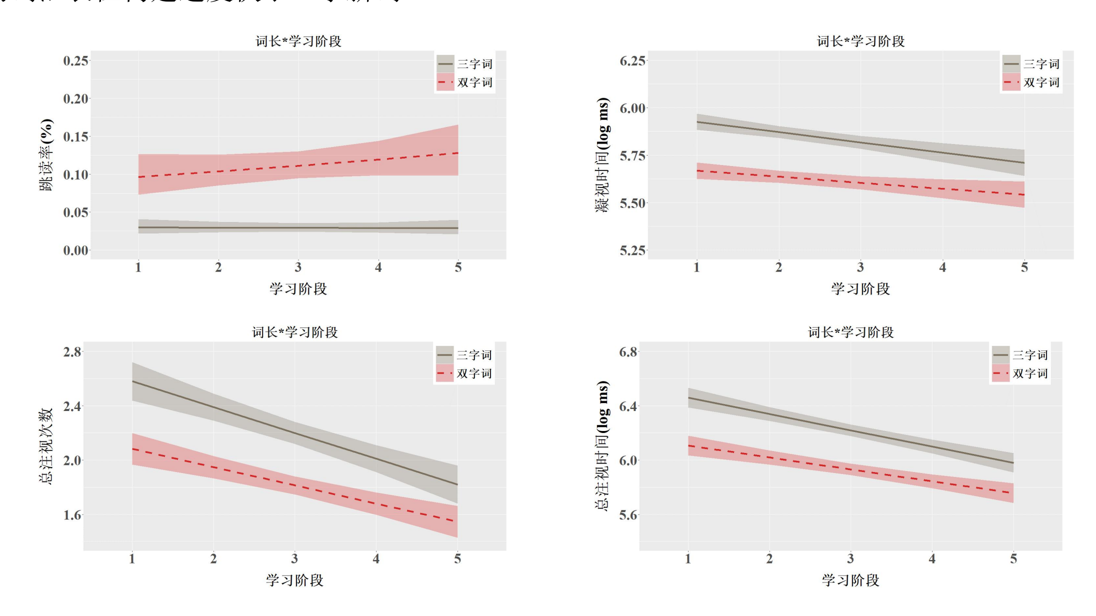


图 6 实验 2 新词眼动指标分析中的交互作用

3.2.2.2 与眼跳定位相关的眼动指标分析

被试在三字新词和双字新词上的视入、视出眼跳距离见图 7 所示，模型统计结果见表 9。

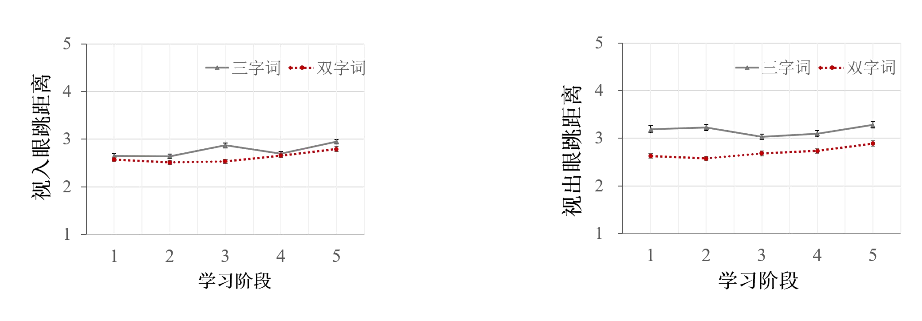


图 7 两种词长条件下新词上的视入、视出眼跳距离

学习阶段的主效应在视入、视出眼跳距离上均不显著（$ts < 0.93$, $ps > 0.05$），表明阅读伴随词汇学习中的眼跳定位并未表现出熟悉性效应。三字词的视入眼跳距离与双字词无显著差异（$b = –0.02$, $SE = 0.06$, $t = –0.35$），但其视入眼跳距离显著长于双字词（$b = – 0.49$, $SE = 0.11$, $t = – 4.57$），表明新词词长影响跳出新词的眼跳距离，但并不影响跳入新词的眼跳长度。学习阶段和词长的交互作用在这两个指标中均不显著（$ts < 1.50$, $ps > 0.05$），表明在眼跳定位方面，词长效应并未随着新词学习次数的增多而减小。

表 9 两种词长条件下对新词眼跳定位的模型分析汇总结果

变量	*b*	*SE*	*t/z*	95%CI

视入眼跳距离	截距	2.62	0.13	20.79	[2.38, 2.87]
	词长	–0.02	0.06	–0.35	[–0.15, 0.10]
	学习阶段	0.04	0.06	0.65	[–0.08, 0.16]
	笔画数	0.02	0.04	0.41	[–0.07, 0.11]
	词长×学习阶段	–0.02	0.02	–0.84	[–0.07, 0.03]
视出眼跳距离	截距	2.74	0.13	21.38	[2.49, 3.00]
	词长	**–0.49**	**0.11**	**–4.57**	**[–0.70, –0.28]**
	学习阶段	0.03	0.04	0.93	[–0.04, 0.10]
	笔画数	0.07	0.06	1.21	[–0.05, 0.20]
	词长×学习阶段	0.06	0.04	1.50	[–0.02, 0.13]

3.3 讨论

本实验采用与实验 1 相同的实验范式，操纵新词长度，考察词长如何作用于中文阅读伴随词汇学习。本实验重复了实验 1 的新词学习曲线，再次表明分散学习实验范式的有效性。与词长效应相关的结果表现在如下两方面：

首先，在新词学习过程中，词长效应不仅表现在眼动控制的 when 方面，同时表现在 where 方面。在 when 方面，三字新词的注视时间显著长于双字新词，该效应从词汇加工早期一直延续到晚期阶段；在 where 方面，三字新词的跳出眼跳距离显著短于双字新词。此外，随着新词学习阶段的增加，词长效应也表现出类似的熟悉性效应，这在一定程度上支持了视觉和语言共同限制性假说，表明词长可能不仅限于视觉加工层面的作用，同样可能作为一种语言学信息影响词汇识别和词汇习得。

其次，在新词学习的最终效果上，表现出词长效应的反转。在正字法知识和语义类别知识学习中，三字新词的学习效果显著优于双字新词。结合新词学习过程中的词长效应（三字新词注视时间较长，注视次数较多），我们推测，阅读中的新词表征构建可能存在速度与准确性权衡，表现为：三字新词的注视时间较长，但最终学习效果更好；双字新词的注视时间较短，但最终学习效果相对较差。此外，三字新词的学习效果优势，也反映在相对深层的语义知识测验中。15 次学习后，当启动词为三字词时，读者对语义相关词的判断时间更长，正确率更低，出现了显著的语义负启动效应。这可能是由于，读者在学习阶段为三字词分配了更多认知资源，其语义表征在更大程度上纳入现存的语义网络词典。因此，读者需要从长时记忆中提取有关新词的相关信息，并将其整合到当前的词汇判断任务中。当启动刺激（新词）与目标刺激语义相关时，读者不仅需要从长时记忆中提取新词的相关语义信息（Batterink & Neville, 2011），同时要对现有语义相关词的语义信息进行抑制，耗费大量认知资源，由此

出现了语义负向启动效应。

4 总讨论

基于中文阅读的视觉复杂性同时表现在笔画数和词长两方面，本研究通过两个平行实验，分别考察了笔画数和词长在中文阅读伴随词汇习得中的作用方式。有以下两方面发现：第一，笔画数和词长同时作用于中文阅读伴随词汇习得眼动控制的“when”方面，新词的笔画数越少，词长越短，其注视时间越少；在眼动控制的“where”方面，笔画数影响眼跳定位的跳入距离，词长影响眼跳定位的跳出距离；第二，随着新词学习次数的增多，词长效应逐步减小，但笔画数效应并未发生变化，表明词长和笔画数作为反映中文阅读词汇视觉复杂性的两个因素，在阅读伴随词汇习得中的作用机制可能并不完全相同。接下来，将结合中文阅读眼动控制模型及词汇习得的认知加工过程对上述发现进行深入讨论。

4.1 笔画数和词长在中文阅读伴随词汇习得 when 方面的作用分析

在关于眼动控制 when 方面的眼动分析中，本研究发现了显著的笔画数效应和词长效应效应；不过，笔画数效应并未随着新词学习次数的增多而发生变化，但词长效应则表现出熟悉性效应。在 CRM 模型中，词汇加工模块采用交互激活模型的理论结构，包括三个单元的加工层级：视觉信息、汉字层、词汇层。这三个层级单元构成一个网络，不同层级单元之间和各个层级单元内都有联系，即三个词汇加工层级是一个相互作用的过程。如果两个变量具有交互作用，表明这两个变量同时作用于相同的加工层级；反之，则表明它们处于不同的加工层级，抑或是独立地作用于相同的加工层级（Dank, 2014）。新词的学习次数是影响阅读伴随词汇习得熟悉性效应的重要因素，属于一个类词频变量，塑造了新词学习的“累积性”和“渐进性”特征（Yang et al., 2023; Joseph et al., 2014; Liang et al., 2021）。本研究结果发现，随着新词学习次数的增加，笔画数效应并未发生量的变化，而词长效应则逐步减小。表明，在新词学习的早期，笔画数和学习次数之间无交互作用，提示笔画数和学习次数（类词频）作用于句子阅读词汇加工的不同阶段，而词长和学习次数作用于句子阅读词汇加工的同一阶段。接下来，将结合新词学习的认知加工过程阐述笔画数和词长在中文阅读伴随词汇习得中的作用机制。

依据阅读系统框架观（Stafura & Perfetti, 2017），在阅读中构建新词表征需要两个系统的信息协同合作：视觉系统自下而上输入的词形信息，以及理解系统自上而下输入的语义、句法类型（词类）、语境（情境）、事件等信息。读者通过整合这两方面信息，构建并巩固新词的词汇表征（形、音、义间建立联结）。当读者在阅读中首次遇到新词时，会依据新词的

视觉及语言信息初步形成部分新词表征，并与语境信息一同构成暂存的情节记忆痕迹（Reichle & Perfetti, 2003）。随着学习次数的增加，读者通过语境所提供的线索，不断更新和巩固当前的词汇表征。读者每在语境中阅读一次新词，都会保存暂时的新词表征与情节记忆痕迹。中文文本比拼音文字更密集。为了在阅读中的每次注视都能高效处理当前信息，读者需要平衡视觉加工系统和语言加工系统的认知资源。少笔画新词在视觉加工系统中的负荷较低，词形信息能够快速识别，也能够更早启动语言加工系统，用于建构并完善新词表征。由此，在词汇识别的早期加工阶段（如跳读率、首次注视时间和凝视时间）和后期的语义整合阶段（如总注视时间和总注视次数）均发现笔画数效应。此外，笔画数作为一种反映视觉复杂程度的词形信息，在巩固和更新词汇表征时均需激活，且激活速度在很大程度上受人类视觉系统的限制，因此，笔画数效应并未随着新词的逐步熟悉而减小。这在一定程度上支持笔画数作用于词汇识别的视觉加工层级，符合前言中提出的“视觉限制性假说”。

对于词长而言，在阅读中第一次加工新词时，由于读者心理词典中不存在相应的词汇表征，读者需要通过部分形-音对应规则和形-义对应规则，将词形信息转码为对应的语音表征和语义表征，用以激活语音和语义词典中的对应词条。相比双字新词，三字新词词形更为复杂，音节更多，导致其形-音转码以及形-义转码耗费更多认知资源，花费更长加工时间，因此，在新词表征构建早期具有显著的词长效应。也就是说，在新词表征构建的初期，新词识别过多依赖自下而上的亚词汇通路加工方式（Yang et al., 2023）。随着学习次数的增多，新词的熟悉程度逐步提高，特别是正字法表征发展相对完善，此时，读者只需要提取语境中与新词语义相关的线索，巩固和更新当前的新词语义表征即可。在此过程中，新词识别不用依赖亚词汇通路的加工方式，而更多地依赖于反映整体加工的词汇通路，因此，词长效应会随着新词学习次数的增多而逐步下降。该观点得到前期研究证据的支持，即与高频词相比，低频词和新词学习中的词长效应更大（Loberg et al., 2019; Hyönä et al., 2020）。有研究者将词长效应的变化作为衡量新词表征建构程度的指标（Yang et al., 2023）。由此推断，词长信息不仅限于一种视觉信息，它更加类似于一种语言学信息，作用于新词识别的词汇加工层级，符合引言中提出的“视觉和语言共同限制性假说”。

4.2 笔画数和词长在中文阅读伴随词汇习得 where 方面的作用分析

本研究发现，阅读伴随词汇习得中的笔画数效应和词长效应，在眼动控制 where 方面表现出不同的效应：笔画数效应体现在视入眼跳距离方面，而词长效应体现在视出眼跳距离方面。依据拼音文字阅读中主流的眼动控制模型的基本观点（如 E-Z 阅读者模型，见 Reichle et al., 2009；SWIFT 模型，见 Engbert et al., 2005），where 决定主要由低水平的视觉信息所引导。

例如，在拼音文字阅读中（如英语、德语），词间空格在眼动控制 where 方面起到决定性作用。由于词间空格的低空间分辨率特征，使得词长信息在视觉上相对凸显，读者可以在副中央凹处相对轻松地获取该信息，引导眼跳计划，将下一次眼跳定位到词汇识别的最佳位置（一般是词中间）。如果将词间空格删除，拼音文字读者更多地将下一次眼跳定位到词汇开始部分，然后再计划一次再注视（臧传丽 等, 2013; Sheridan et al., 2013）。回看中文阅读，没有低水平视觉词切分信息（如词间空格）引导眼跳，我们推测，词汇的视觉特征（特别是汉字笔画数多少）可能在眼跳定位中扮演重要角色。本研究发现支持了这一推测：笔画数影响了跳入新词的眼跳距离；词长则影响了跳出新词的眼跳距离。依据 CRM 模型的基本观点，中文阅读的眼跳定位是基于加工效率进行眼跳定位（processing-based saccadic targeting，见 Li et al., 2020），中文读者通过估计在一个注视点能够加工的信息量，然后把眼睛移动到该注视点之后的汉字位置上。

由于跳入眼跳距离更多地反映副中央凹的加工程度，我们推测，笔画数对跳入眼跳距离的影响方式可能与副中央凹的加工效率相关。如果新词的笔画数较多，单位空间内的视觉密度较大，读者在副中央凹处预视到新词的词形信息有限，则倾向于计划较短的眼跳，将眼睛落至距离不远处的新信息；相反，如果词汇笔画数较少，单位空间内的视觉密度相对较小，读者在副中央凹加工到新词的词形信息更多，则倾向于计划更长的眼跳，以便更好地加工新信息。由于跳出眼跳距离更多地受当前词加工效率的影响，我们推测，词长对跳出眼跳距离的影响更多地反映中央凹的加工效率。与双字词相比，三字词的加工难度更大（表现为三字词的跳读率更低，加工时间更长），在中央凹处需要分配更多的认知资源对当前三字词进行加工，由此分配给副中央加工的认知资源相对减少，只能计划更短地眼跳。综上所述，笔画数和词长在中文阅读眼跳定位中的作用机制可能不同：笔画数对眼跳定位的影响可能和副中央凹加工效率相关，词长对眼跳定位的影响可能和中央凹加工效率相关。

5 结论

在本研究条件下，得出如下结论：第一，在阅读伴随词汇习得中，笔画数和词长同时作用于阅读眼动控制的when方面，笔画数作为一种低水平视觉信息，作用于词汇加工的视觉层；而词长则更加类似语言信息的加工方式，作用于词汇加工的较高层级。第二，笔画数和词长在阅读眼动控制where方面的作用存在差异，笔画数效应更多地与副中央凹加工效率有关，词长效应则更多地与中央凹加工效率有关。

参考文献

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2023). *lme4: Linear mixed−effects models using 'Eigen' and S4*. Retrieved July 4, 2023, from https://cran.r-project.org/web/packages/ lme4/index.html

Batterink, L., & Neville, H. (2011). Implicit and explicit mechanisms of word learning in a narrative context: An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 23*(11), 3181−3196.

Blythe, H. I., Liang, F. F., Zang, C. L., Wang, J. X., Yan, G. L., Bai, X. J., & Liversedge, S. P. (2012). Inserting spaces into Chinese text helps readers to learn new words: An eye movement study. *Journal of Memory and Language, 67*(2), 241–254.

Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *PLOS ONE, 5*(6), e10729.

Clifton, C. J., Ferreira, F., Henderson, J. M., Inhoff, A. W., Liversedge, S. P., Reichle, E. D., & Schotter, E. R. (2016). Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy. *Journal of Memory and Language, 86*, 1–19.

Danks, D. (2014). *Unifying the mind: Cognitive representations as graphical models*. Mit Press.

Deng, Y. C., & Feng, Z. W. (2013). A quantitative linguistic study on the relationship between word length and word frequency. *Journal of Foreign Languages, 36*(3), 29–39.

[邓耀臣, 冯志伟. (2013). 词汇长度与词汇频数关系的计量语言学研究. *外国语, 36*(3), 29–39.]

Dutilh, G., Vandekerckhove, J., Tuerlinckx, F., & Wagenmakers, E. J. (2009). A diffusion model decomposition of the practice effect. *Psychonomic Bulletin & Review, 16*, 1026−1036.

Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E. M., & Kliegl, R. (2005). SWIFT: A Dynamical Model of Saccade Generation During Reading. *Psychological Review, 112*(4), 777–813.

Ginestet, E., Shadbolt, J., Tucker, R., Bosse, M. L., & Deacon, S. H. (2021). Orthographic learning and transfer of complex words: Insights from eye tracking during reading and learning tasks. *Journal of Research in Reading, 44*(1), 51–69.

Hyönä, J., Pollatsek, A., Koski, M., & Olkoniemi, H. (2020). An eye-tracking study of reading long and short novel and lexicalized compound words. *Journal of eye movement research, 13*(4).

Hautala, J., Hyönä, J., & Aro, M. (2011). Dissociating spatial and letter-based word length effects observed in readers' eye movement patterns. *Vision Research, 51*(15), 1719–1727.

Inhoff, A. W., Radach, R., Eiter, B. M., & Juhasz, B. (2003). Distinct subsystems for the parafoveal processing of spatial and linguistic information during eye fixations in reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A, 56*(5), 803–827.

Jiang, N., Hou, F. Y., & Jiang, X. (2020). Analytic versus holistic recognition of Chinese words among L2 learners. *The Modern Language Journal, 104*(3), 567–580.

Joseph, H. S., Wonnacott, E., Forbes, P., & Nation, K. (2014). Becoming a written word: Eye movements reveal order of acquisition effects following incidental exposure to new words during silent reading. *Cognition,*

133(1), 238–248.

Korochkina, M., Bürki, A., & Nickels, L. (2021). Apples and oranges: How does learning context affect novel word learning? *Journal of Memory and Language, 120*, 104246.

Kuperman, V., Schroeder, S., & Gnetov, D. (2024). Word length and frequency effects on text reading are highly similar in 12 alphabetic languages. *Journal of Memory and Language, 135*, 104497.

Li, X. S., Huang, L. J. Q., Yao, P. P., & Hyönä, J. (2022). Universal and specific reading mechanisms across different writing systems. *Nature Reviews Psychology, 1*, 133−144.

Li, X. S., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. Psychological Review, 127(6), 1139−1162.

Liversedge, S. P., Zang, C. L., Zhang, M. M., Bai, X. J., Yan, G. L., & Drieghe, D. (2014). The effect of visual complexity and word frequency on eye movements during Chinese reading. *Visual Cognition, 22*(3−4), 441–457.

Liang, F. F., Blythe, H. I., Zang, C. L., Bai, X. J., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2015). Positional character frequency and word spacing facilitate the acquisition of novel words during Chinese children's reading. *Journal of Cognitive Psychology, 27*(5), 594−608.

Liang, F. F., Blythe, H. I., Bai, X. J., Yan, G. L., Li, X., Zang, C. L., & Liversedge, S. P. (2017). The role of character positional frequency on Chinese word learning during natural reading. *PLOS ONE, 12*(11), e0187656.

Liang, F. F., Ma, J., Li, X., Lian, K. Y., Tan, K., & Bai, X. J. (2019). Saccadic targeting deficits of Chinese children with developmental dyslexia: Evidence from novel word learning in reading. *Acta Psychologica Sinica, 51*(7), 805−815.

[梁菲菲, 马杰, 李馨, 连坤予, 谭珂, 白学军. (2019). 发展性阅读障碍儿童阅读中的眼跳定位缺陷：基于新词学习的实验证据. *心理学报, 51*(7), 805−815.]

Liang, F. F., Ma, J., Bai, X. J., & Liversedge, S. P. (2021). Initial landing position effects on Chinese word learning in children and adults. *Journal of Memory and Language, 116*(1), 104183.

Liang, F. F., Gao, Q., Li, X., Wang, Y. S., Bai, X. J., & Liversedge, S. P. (2023). The importance of the positional probability of word final (but not word initial) characters for word segmentation and identification in children and adults' natural Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 49*(1), 98−115.

Liang, F. F., Feng, L. L., Liu Y., Li, X., & Bai, X. J. (2024). Different roles of initial and final character positional probabilities on incidental word learning during Chinese reading. *Acta Psychologica Sinica, 56*(3), 281–294.

[梁菲菲, 冯琳琳, 刘瑛, 李馨, 白学军. (2024). 阅读伴随词汇学习的词切分：首、尾词素位置概率的不同作用. *心理学报, 56*(3), 281–294.]

Liu, L. Y., & Chi, X. (2022). Status quo of orthographic knowledge researches in Chinese dyslexia children. *Journal of Bio-education, 10*(1), 1–5.

[刘利影, 池霞. (2022). 中文阅读障碍儿童字形结构辨别的研究现状. *教育生物学杂志, 10*(1), 1–5.]

Loberg, O., Hautala, J., Hämäläinen, J. A., & Leppänen, P. H. T. (2019). Influence of reading skill and word length on fixation-related brain activity in school-aged children during natural reading. *Vision Research, 165*, 109–122.

Ma, G. J., & Li, X. S. (2015). How character complexity modulates eye movement control in Chinese reading. *Reading and Writing, 28*, 747–761.

Miellet, S., O'Donnell, P. J., & Sereno, S. C. (2009). Parafoveal magnification: Visual acuity does not modulate the perceptual span in reading. *Psychological Science, 20*(6), 721–728.

Peng, D. L., & Wang, C. M. (1997). Basic Processing Unit of Chinese Recognition: Evidence from Stroke Number Effect and Radical Number Effect. *Acta Psychologica Sinica, 29*(1), 9–17.

[彭聃龄, 王春茂. (1997). 汉字加工的基本单元：来自笔画数效应和部件数效应的证据. *心理学报, 29*(1), 9–17.]

Rayner, K., Slattery, T. J., Drieghe, D., & Liversedge, S. P. (2011). Eye movements and word skipping during reading: Effects of word length and predictability. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*(2), 514–528.

Reichle, E. D., Warren, T., & McConnell, K. (2009). Using E-Z Reader to model the effects of higher level language processing on eye movements during reading. *Psychonomic Bulletin & Review, 16*, 1–21.

Reichle, E. D., & Perfetti, C. A. (2003). Morphology in word identification: A word-experience model that accounts for morpheme frequency effects. *Scientific Studies of Reading, 7*(3), 219−237.

R Development Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: *R Foundation for Statistical Computing*. Retrieved from https://www.R-project.org/

Siegelman, N., Schroeder, S., Acartürk, C., Ahn, H. D., Alexeeva, S., Amenta, S., ... & Kuperman, V. (2022). Expanding horizons of cross-linguistic research on reading: The Multilingual Eye-movement Corpus (MECO). *Behavior Research Methods, 54*(6), 2843–2863.

Snell, J., van Leipsig, S., Grainger, J., & Meeter, M. (2018). OB1-reader: A model of word recognition and eye movements in text reading. *Psychological Review, 125*(6), 969–984.

Sheridan, H., Rayner, K., & Reingold, E. M. (2013). Unsegmented text delays word identification: Evidence from a survival analysis of fixation durations. *Visual Cognition, 21*(1), 38–60.

Stafura, J. Z., & Perfetti, C. A. (2017). Integrating word processing with text comprehension. *Theories of Reading Development*, 9−32.

Song, X. N., Xu, X. C., Yang, X. L., Sun, G. L., & Cui, L. (2022). The influence of predictability, word frequency and stroke number on Chinese word recognition: An eye movement study. *Journal of Psychological Science, 45*(5), 1061–1068.

[宋悉妮, 徐晓晨, 杨秀莉, 孙桂苓, 崔磊. (2022). 预期性, 词频和笔画数对中文词汇识别影响的眼动研究. *心理科学, 45*(5), 1061–1068.]

Tong, W., Ren, M. X., Liu, Z. F., & Feng, X. (2020). The Effect of Word Length on Saccade Target Selection in

Chinese Reading: Eye Movement Evidence. *Studies of Psychology and Behavior, 18*(2), 168–175.

[仝文, 任梦雪, 刘志方, 冯笑. (2020). 词长对中文阅读眼跳目标选择的影响：眼动证据. *心理与行为研究, 18*(2), 168–175.]

Tse, C., & Yap, M. J. (2018). The role of lexical variables in the visual recognition of two-character Chinese compound words: A megastudy analysis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 71*(9), 2022–2038.

Yan, G. L., & Bai, X. J. (2007). Eye Movement Studies of Chinese Reading. *Studies of Psychology and Behavior, 5*(3), 229–234.

[闫国利, 白学军. (2007). 汉语阅读的眼动研究. 心理与行为研究, 5(3), 229–234.]

Yang, F., Bermúdez-Margaretto, B., Beltrán, D., Wang, H. L., & Dominguez, A. (2024). Language proficiency modulates L2 orthographic learning mechanism: Evidence from event-related brain potentials in overt naming. *Studies in Second Language Acquisition, 46*(1),119–140.

Zang, C. L., Meng, H. X., Yan, G. L., & Bai, X. J. (2013). Advances in Landing Position Effect during Reading. *Journal of Psychological Science, 36*(4), 770–775.

[臧传丽, 孟红霞, 闫国利, 白学军. (2013). 阅读过程中的注视位置效应. *心理科学, 36*(4), 770–775.]

Zang, C. L., Fu, Y., Bai, X. J, Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2018). Investigating word length effects in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 44*(12), 1831–1841.

Zhang, M. M., Zang, C. L., Bai, X. J., & Yan, G. L. (2020). Which Plays a Dominant Role on Word Skipping: Context Information or Parafoveal Preview? *Journal of Psychological Science, 43*(5), 1058–1064.

[张慢慢, 臧传丽, 白学军, 闫国利. (2020). 先前语境与随后副中央凹预视在词跳读中的相对作用. *心理科学, 43*(5), 1058–1064.]

Zhang, M. C., Ding, J. F., Li, X. S., & Yang, Y. F. (2019). The impact of variety of episodic contexts on the integration of novel words into semantic network. *Language Cognition and Neuroscience, 34*(2), 214–238.

Visual Complexity Effect in Chinese Incidental Word Learning: Evidence from Number of Strokes and Word Length

The visual complexity effect is considered one of the "big three effects" in word recognition. In alphabetic reading (such as English and German), visual complexity is primarily reflected in word length. It is well established that word length affects both the "when" and "where" decisions of eye movement control in alphabetic reading, yielding more and longer fixations on long words relative to short words. Some researchers have used changes in the word length effect with repeated reading as a measure of vocabulary learning outcomes in alphabetic reading. In written Chinese text, visual complexity of words is influenced not only by word length, similar to alphabetic reading, but also by the number of strokes in a word. In the present study, we conducted two parallel eye movement studies to examine how visual complexity (measured by words' number of strokes and word length) influenced novel word learning in Chinese reading. We, specifically, investigated how visual complexity effects changed with cumulative learning.

Two-character or three-character pseudowords were constructed as novel words. Each novel word was embedded into 15 highly constrained contexts for readers to establish novel lexical representations. There were five learning phases in our experiment. Participants read three sentences containing one novel word per learning phase, and their eye movements were recorded during sentence reading. In Experiment 1, we examined how the number of strokes in a word influenced word identification during Chinese word learning. The number of strokes in two-character novel words was manipulated as being either high or low. In Experiment 2, we examined how word length influenced novel word learning in Chinese reading by using two-character and three-character pseudowords as novel words. We included "Learning phase" as a continuous variable into the model to further examine how the visual complexity effects changed with exposure during Chinese novel word learning.

We found that both the number of strokes and word length both influenced the "when" decision of eye movement control during Chinese novel word learning, the fewer the strokes and the shorter the word length, the shorter the fixations on novel words. In terms of the "where" decision, the number of strokes determined how long the saccade length into the novel words, which was more likely to relate to parafoveal processing, whilst word length influenced how long the saccade length leaving the novel words, which was highly related to foveal processing. We suggest that the process of stroke number information might influence the decision of where to land the eyes on novel words and the process of word length information might influence the decision of where to land the eyes when leaving novel words.

We also found that the effect of number of strokes did not change significantly with exposure, indicating that the process of stroke number occurs both in the early and late stages of word learning, which supports "visual constraint hypothesis". In contrast, the word length effect gradually decreases with exposure, showing the familiarity or learning effect, which aligns with "visual and linguistic constraint hypothesis". These findings suggest a difference in the

mechanisms of number of strokes and word length in Chinese reading accompanied by vocabulary acquisition: Stroke ßnumber might function as a form of low-level visual information, impacting the visual processing of vocabulary; while word length is more similar to the processing of linguistic information, affecting vocabulary processing at a higher level.
Key words: number of strokes, word length, incidental word learning, Chinese reading, eye movement

附录（实验材料）

语义类别	E1 目标词	E2 目标词	句子框架
动物	节夫	格活	探险家说，生活在南方的原始节夫/格活喜欢从树上跳到湖里。
动物	节夫	格活	他们发现，喜欢捉鱼吃是这种节夫/格活具有的一大特点。
动物	节夫	格活	因为这个特点，可以训练节夫/格活当人类的捕鱼助手。
动物	节夫	格活	占了半张脸的一双大眼睛让节夫/格活看起来特别可爱，还很萌。
动物	节夫	格活	而且，脖子可以转一圈也是节夫/格活突出的特点。
动物	节夫	格活	这些外形上的特点使得节夫/格活成为当地人的一种宠物。
动物	节夫	格活	说起食物喜好，雨林里的野果并不是节夫/格活最喜欢吃的。
动物	节夫	格活	而当地人种的花生却总是被节夫/格活偷吃光。
动物	节夫	格活	据说，还发生过节夫/格活跳到农家里吃肉的事情。
动物	节夫	格活	当地人认为节夫/格活是一种可爱的吉祥物。
动物	节夫	格活	听说，他们总喜欢把节夫/格活当作宠物喂养。
动物	节夫	格活	一般，那种家养节夫/格活只有大人的手掌那么大。
动物	节夫	格活	有冷风的时候，为了保暖，群居的年幼节夫/格活经常挤在一起睡觉。
动物	节夫	格活	相互理毛也是野生节夫/格活常见的行为动作。
动物	节夫	格活	不过，这些群居节夫/格活从来不分享食物，也是有点怪。
动物	塞聪	红音考	科学家发现，没到冬天，北方的野生塞聪/红音考就开始冬眠了。
动物	塞聪	红音考	天气好的时候，一些成年塞聪/红音考还会偶尔爬出洞外晒晒太阳。
动物	塞聪	红音考	可是，那些年幼塞聪/红音考却会一直在山洞里睡上整个冬天。
动物	塞聪	红音考	体型粗壮的野生塞聪/红音考喜欢在地上跳着前进。
动物	塞聪	红音考	据说这些塞聪/红音考都不会自己做窝。
动物	塞聪	红音考	通常，这些群居塞聪/红音考会一起走在草地上捉小虫子。
动物	塞聪	红音考	能够独立寻找食物是塞聪/红音考必须具备的生存技能。
动物	塞聪	红音考	有人发现塞聪/红音考有时在树林里飞得很低。
动物	塞聪	红音考	哦，原来是塞聪/红音考在树林里找新朋友呢。
动物	塞聪	红音考	说起居住地，海岛上的树洞经常成为塞聪/红音考天然的窝。
动物	塞聪	红音考	每年秋天，一些灰色塞聪/红音考会从北方搬到温暖的南方。
动物	塞聪	红音考	每一对成年塞聪/红音考产下的蛋都有特别的花色和形状。
动物	塞聪	红音考	研究发现，有种黑色的长嘴塞聪/红音考不会自己喂养下一代。
动物	塞聪	红音考	而是把自己下的蛋偷偷放在其他塞聪/红音考选择好的窝里。
动物	塞聪	红音考	这些幼小塞聪/红音考长大后还会把窝里其它的蛋吃掉。
花类	刀未	荣持	六千米的高山上，有一种被印度人叫做刀未/荣持的神奇植物在七月盛开。
花类	刀未	荣持	其中，那种淡紫色刀未/荣持最受当地人的欢迎。
花类	刀未	荣持	因为这种刀未/荣持拥有最长的花期，能坚持开花半年之久。
花类	刀未	荣持	能对抗寒冷是刀未/荣持受到称赞的主要原因。
花类	刀未	荣持	气温在零度时，高山上的野生刀未/荣持已经可以发芽了。
花类	刀未	荣持	不过，一般的普通刀未/荣持幼苗需要五年时间才能开花结果。
花类	刀未	荣持	在夏天，需要防止虫子伤害刀未/荣持叶子的生长。
花类	刀未	荣持	还好，种在自然保护区里的盆栽刀未/荣持不用担心害虫的影响。
花类	刀未	荣持	人们可以安心等待刀未/荣持盛开时的美丽情景。
花类	刀未	荣持	有人喜欢把刀未/荣持叶子泡在酒里，当成补品。

花类	刀未	荣持	还有一些女士会把**刀未/荣持**晒干后，再泡着喝。
花类	刀未	荣持	听说，当地人还会把**刀未/荣持**磨成粉当做药材，用来止血。
花类	刀未	荣持	给亲朋好友送**刀未/荣持**作为礼物时，非常有讲究。
花类	刀未	荣持	生命力非常强的绿色**刀未/荣持**适合送给生病的人。
花类	刀未	荣持	而高山上长大的金色**刀未/荣持**适合送给尊敬的老人。
花类	露提	纸英差	科学家培育的新品种**露提/纸英差**深受大家喜爱。
花类	露提	纸英差	春天，南方城市的路上就能看到红色**露提/纸英差**开满枝头。
花类	露提	纸英差	市民特别喜欢站在**露提/纸英差**前拍照留念。
花类	露提	纸英差	每年的四月和五月是**露提/纸英差**盛开的好时期。
花类	露提	纸英差	因为，光照充足是**露提/纸英差**生长的基本条件。
花类	露提	纸英差	适当的温度和水分也能使得**露提/纸英差**在春天盛开。
花类	露提	纸英差	低温下存放**露提/纸英差**可以保持它盛开的时间更长。
花类	露提	纸英差	另外要注意的是，不能把水直接浇在**露提/纸英差**叶子的表面。
花类	露提	纸英差	如果想让它保鲜更久，那么可以把**露提/纸英差**放进加了一点白糖的水中。
花类	露提	纸英差	有一些金色**露提/纸英差**看起来特别像王冠。
花类	露提	纸英差	还有一些红色**露提/纸英差**长得像个火把。
花类	露提	纸英差	更为奇特的是，那些小巧的紫色**露提/纸英差**还像是一个个小美人儿。
花类	露提	纸英差	听说，有些南方姑娘会把**露提/纸英差**插在头上来打扮自己。
花类	露提	纸英差	现在，还有一些人会把**露提/纸英差**晒干制作成特别的香包。
花类	露提	纸英差	有些农夫还会采摘**露提/纸英差**幼苗喂给家养的鸡吃。
家具	火止	容份	科幻小说里的人只要把食物放在**火止/容份**表面就能直接看到它的营养成分。
家具	火止	容份	这种智能**火止/容份**能够时刻提醒大家注意饮食健康和营养。
家具	火止	容份	另外，能够自动变化高度也是这种**火止/容份**受到欢迎的原因。
家具	火止	容份	未来世界，小型折叠式**火止/容份**会是办公人员的最爱。
家具	火止	容份	工作时间，人们可以把小型**火止/容份**组合起来使用。
家具	火止	容份	休闲活动时，又可以把**火止/容份**折叠起来，放在一边。
家具	火止	容份	在科幻故事里，人们设计的透明**火止/容份**多数都需要用玻璃做成。
家具	火止	容份	但是，许多工厂老板认为生产这种玻璃**火止/容份**会有很大的难度。
家具	火止	容份	如果真的生产出来那些**火止/容份**以后再拿去卖，一定能有个好价钱。
家具	火止	容份	现在，设计图里画的那个**火止/容份**还没有被生产出来。
家具	火止	容份	听设计师说，生产出来后，人们可以直接在**火止/容份**表面点击想要的东西。
家具	火止	容份	他还计划在中间安装平板电脑，这会让操作**火止/容份**表面像在手机上购物一样简单。
家具	火止	容份	厂家把平板电脑夹在**火止/容份**宽大的边框里，还能做成游戏平台。
家具	火止	容份	如果轻轻点击**火止/容份**表面发光的开关，还可以打开电子屏。
家具	火止	容份	人们通过点击**火止/容份**表面发光的电子屏幕就能玩网络小游戏。
家具	解掌	准运展	发明家在梦里看到，人只要靠在**解掌/准运展**上再抬起腿，它就会自动调节角度。
家具	解掌	准运展	这种自动式**解掌/准运展**还能根据个人的身高体重改变它展开的大小。
家具	解掌	准运展	在梦里，他还为这种智能**解掌/准运展**选定了合适的出售价格。
家具	解掌	准运展	在梦里，发明家给敬老院赠送的几台**解掌/准运展**受到老人们的欢迎。
家具	解掌	准运展	敬老院的院长认为这些**解掌/准运展**自带的按摩功能让人最满意。
家具	解掌	准运展	发明家梦到自己把一些同款**解掌/准运展**放到商场里卖了，赚了好多钱。
家具	解掌	准运展	梦里，发明家还给便宜的实木**解掌/准运展**安装了好看的靠背。
家具	解掌	准运展	他认为，老人们喜欢抱着宠物猫一起靠在**解掌/准运展**上晒太阳。
家具	解掌	准运展	不过，完全清扫干净**解掌/准运展**靠背上的猫毛却很费力气。

家具	解掌	准运展	发明家说，他在梦里为酒店设计的超大**解掌/准运展**能够坐得下很多人。
家具	解掌	准运展	酒店服务生还会在**解掌/准运展**扶手上放各种口味的糖果。
家具	解掌	准运展	这样，客人就可以在**解掌/准运展**上舒服的等待。
家具	解掌	准运展	在梦里，发明家可以说几个字就让**解掌/准运展**自动开机和关机。
家具	解掌	准运展	虽然，靠在这种智能**解掌/准运展**会让人感觉很舒服。
家具	解掌	准运展	但是，有些人觉得让小朋友学会用声音控制**解掌/准运展**还是有点难。
服装	东古	机备	科幻小说里，身穿优质**东古/机备**就是外星生物成功穿过地球大气层的保证。
服装	东古	机备	到达地球后，外星人队长给队员们搭配的蓝色**东古/机备**非常得体。
服装	东古	机备	地球人一看，就感觉这些**东古/机备**是量身定做的。
服装	东古	机备	科幻小说里，外星人所有的新式**东古/机备**样式都很奇特。
服装	东古	机备	还有一些加厚**东古/机备**原来的设计就很时尚。
服装	东古	机备	外星人设计师还把**东古/机备**设计的很有弹性，适合各种身材。
服装	东古	机备	外星人觉得，老式的透明**东古/机备**在几百年后都不会过时。
服装	东古	机备	他们认为，高温时穿上这种**东古/机备**还可以反射太阳光，让人感觉很凉快。
服装	东古	机备	低温时，穿上这种传统**东古/机备**还可以保暖。
服装	东古	机备	外星生物给所有**东古/机备**都安装上了一个汽油瓶。
服装	东古	机备	而且，外星人还在**东古/机备**两边加了能放太阳能电池的口袋。
服装	东古	机备	这样的设计，可以让他们在飞行中通过**东古/机备**上的电池及时补充能量。
服装	东古	机备	外星生物会在一堆**东古/机备**上面印上统一的特别记号。
服装	东古	机备	听说，他们穿上这种**东古/机备**就可以快速感应到地球上的同伴。
服装	东古	机备	到达地球之后，正是这些**东古/机备**上的标记加快他们适应地球的速度。
服装	温替	社果特	他设计的新式**温替/社果特**配搭头盔特别安全。
服装	温替	社果特	而且，适合在深海穿的加厚**温替/社果特**价格也不贵。
服装	温替	社果特	在户外用品店里，即使是新型**温替/社果特**也经常会有促销活动。
服装	温替	社果特	在衣柜里挂上多件**温替/社果特**是一些探险家的爱好。
服装	温替	社果特	为了安全，他们喜欢穿高腰**温替/社果特**用来保暖。
服装	温替	社果特	在他们眼中，所有高级**温替/社果特**都应该设计成可加厚的样子。
服装	温替	社果特	冬天到了，户外用品店卖的各种**温替/社果特**开始涨价了。
服装	温替	社果特	于是，探险家做了一件**温替/社果特**留给自己留着用。
服装	温替	社果特	她还巧妙地在这套**温替/社果特**上加了两个口袋，特别实用。
服装	温替	社果特	科学家穿上防水**温替/社果特**跳进冰川旁的深海进行研究。
服装	温替	社果特	为了保证水下安全，设计这种特制**温替/社果特**时还做了加厚处理。
服装	温替	社果特	另外，可自动充气的高科技**温替/社果特**还可以帮助水下的人快速漂浮到水面。
服装	温替	社果特	可以定制**温替/社果特**是这家老店吸引顾客的原因。
服装	温替	社果特	在这家店里，绝大多数**温替/社果特**是用高级橡胶制成的。
服装	温替	社果特	因此，能在这里买**温替/社果特**也是一个人身份的象征。
水果	丹丈	告注	据说，巴西本土生产的绿色**丹丈/告注**价格非常便宜。
水果	丹丈	告注	不过，有些进口的金黄色**丹丈/告注**却卖得很贵。
水果	丹丈	告注	在那里，部分农民把**丹丈/告注**当作主要的收入来源。
水果	丹丈	告注	生长在南美洲干旱地区的大颗**丹丈/告注**含有许多水分。
水果	丹丈	告注	要是在炎热的夏天，吃上一盆冰冻**丹丈/告注**可是非常解渴又凉快。
水果	丹丈	告注	还有些家庭，至今保留着将**丹丈/告注**冷冻之后制作冰糕的传统。
水果	丹丈	告注	一些特殊品种的成熟**丹丈/告注**需要先晒干再吃。

水果	丹丈	告注	有些进口的气泡酒也是用**丹丈/告注**制作成的。
水果	丹丈	告注	当地人还会将**丹丈/告注**作为开胃的食物。
水果	丹丈	告注	收获的季节里，山坡上的那些**丹丈/告注**居然能长到牛肉丸那么大。
水果	丹丈	告注	一场雨过后，河边的大片**丹丈/告注**看上去更加水灵灵了。
水果	丹丈	告注	要是能把几个**丹丈/告注**放在嘴里轻轻一咬，可真是甜到心里了。
水果	丹丈	告注	当地的农民说，学习种植**丹丈/告注**并不是很难。
水果	丹丈	告注	光照充足是**丹丈/告注**生长的必要条件。
水果	丹丈	告注	要想成功让**丹丈/告注**产量超过以前，经常浇水很有必要。
水果	博锁	苦团变	在非洲的一些国家，有人喜欢用小刀把**博锁/苦团变**切成小块分着吃。
水果	博锁	苦团变	还有些人则喜欢把新鲜**博锁/苦团变**放进机器里压成汁儿喝了。
水果	博锁	苦团变	老人家还会把**博锁/苦团变**切片和鸡肉一起烤，听说味道很特别。
水果	博锁	苦团变	如果直接把**博锁/苦团变**放进冷库，可以保存半年。
水果	博锁	苦团变	再加上多数**博锁/苦团变**一年可以生产两季。
水果	博锁	苦团变	因此，一年之中吃到新鲜**博锁/苦团变**根本不是问题。
水果	博锁	苦团变	没有熟透的青色**博锁/苦团变**吃起来会感觉有点儿酸。
水果	博锁	苦团变	等到深秋，成熟的黄色**博锁/苦团变**味道就非常甜美。
水果	博锁	苦团变	就连小虫子都非常喜欢**博锁/苦团变**这种香甜的口感。
水果	博锁	苦团变	沙土被认为是**博锁/苦团变**生长的最佳环境。
水果	博锁	苦团变	一年之中，当地人必须得给**博锁/苦团变**松几次土。
水果	博锁	苦团变	他们还会给**博锁/苦团变**洒上一些农药用来防虫。
水果	博锁	苦团变	现在有些非洲人还会把**博锁/苦团变**削下的皮晒干磨成粉。
水果	博锁	苦团变	然后，再洒一点糖在**博锁/苦团变**表面做成饭后点心。
水果	博锁	苦团变	他们还会把**博锁/苦团变**剩下的籽儿炒熟当作零食。
游戏道具	由月	客明	魔法游戏里，首领可以给**由月/客明**加上许多神奇的功能。
游戏道具	由月	客明	比如，双手握住**由月/客明**可以让墙上的画面动起来。
游戏道具	由月	客明	如果点亮**由月/客明**前面的光指着画里的动物，它们还会动起来。
游戏道具	由月	客明	为了升级，游戏初级玩家需要借用**由月/客明**控制人物的攻击动作。
游戏道具	由月	客明	升级后，玩家就会发现**由月/客明**具有的其他功能更强大。
游戏道具	由月	客明	比如说，快速挥舞**由月/客明**可以把自己一下子移动到任何地方。
游戏道具	由月	客明	听说，高级玩家只需要带一支**由月/客明**就可以把游戏打通关。
游戏道具	由月	客明	这种高端**由月/客明**可以让玩家快速得到更多的游戏积分。
游戏道具	由月	客明	只要轻按**由月/客明**底部的一个特殊按键，就能把通关过程保存在网上。
游戏道具	由月	客明	国外玩家认为**由月/客明**是游戏里的基本装备。
游戏道具	由月	客明	他们喜欢把**由月/客明**带在身边，放在随身的包里。
游戏道具	由月	客明	而且，小巧的特制**由月/客明**可以缩小后，夹在玩家的口袋上。
游戏道具	由月	客明	老玩家送给游戏新手一支**由月/客明**作为礼物。
游戏道具	由月	客明	新手轻轻举起**由月/客明**就可以对敌人发出攻击。
游戏道具	由月	客明	一般，几分钟就能完全掌握伸长**由月/客明**这种操作技能。
游戏道具	感歌	护起拉	在培养明星的游戏里，如果选择当学员，玩家就可以购买**感歌/护起拉**奖励自己的进步。
游戏道具	感歌	护起拉	据说，只要面对**感歌/护起拉**讲话就可以转变出美妙的音乐。
游戏道具	感歌	护起拉	而且，只要一点开**感歌/护起拉**就可以看到所有比赛的成绩和积分。
游戏道具	感歌	护起拉	游戏里的学员们都以获得**感歌/护起拉**作为升级的重要工具。
游戏道具	感歌	护起拉	还有一些人会把声控**感歌/护起拉**作为记录信息的工具。
游戏道具	感歌	护起拉	并且，随身带上**感歌/护起拉**还可以用来保存游戏的进度。

游戏道具	感歌	护起拉	游戏里，每个人物都可以用**感歌/护起拉**观看偶像的演唱会直播。
游戏道具	感歌	护起拉	这种高科技**感歌/护起拉**还可以识别出主人的声音，会自动开机。
游戏道具	感歌	护起拉	使用时，文字内容还会出现在**感歌/护起拉**表面方便人们阅读。
游戏道具	感歌	护起拉	游戏里，玩家还可以把透明**感歌/护起拉**折好后放进口袋里。
游戏道具	感歌	护起拉	随身带着**感歌/护起拉**可以方便他们增加游戏里的积分。
游戏道具	感歌	护起拉	高级玩家专用**感歌/护起拉**还可以共享技能，实现加倍积分。
游戏道具	感歌	护起拉	听说，游戏通关后，游戏公司会赠送仿真**感歌/护起拉**给高级玩家。
游戏道具	感歌	护起拉	为了保护这些透明**感歌/护起拉**表面不被尖的东西划伤。
游戏道具	感歌	护起拉	厂家还会给高档**感歌/护起拉**配上真皮的套子，起到保护作用。

交通工具	印木	亮科	北欧的新婚夫妇喜欢乘坐**印木/亮科**在海岛上旅行。
交通工具	印木	亮科	那里的岛上一般提供小型**印木/亮科**方便他们从高空中欣赏风景。
交通工具	印木	亮科	这种短途**印木/亮科**速度一般不会太快。
交通工具	印木	亮科	当地工程师用合金制作**印木/亮科**架子可以减轻它的重量。
交通工具	印木	亮科	金属架子也会让**印木/亮科**快速上升到更高的地方。
交通工具	印木	亮科	因此，这种高科技**印木/亮科**受到许多探险家的欢迎。
交通工具	印木	亮科	听说，外国人制造过一种圆形**印木/亮科**可以在升空中慢慢消失不见。
交通工具	印木	亮科	据说，设计这种会自动消失的可隐身**印木/亮科**需要很复杂的技术。
交通工具	印木	亮科	现在没人能找到这种**印木/亮科**设计时画的设计图了，真可惜。
交通工具	印木	亮科	国家准备军用**印木/亮科**用于海空运输。
交通工具	印木	亮科	目前，这种高速**印木/亮科**在空中运输的成本还是很高。
交通工具	印木	亮科	只有少数国家能自主生产**印木/亮科**满足运输需要。
交通工具	印木	亮科	听说，有种安装电池的小型**印木/亮科**上面会有四个叶片。
交通工具	印木	亮科	科技爱好者还可以通过手机控制**印木/亮科**定在空中，不会轻易掉下来。
交通工具	印木	亮科	听说有绝招的人还能控制**印木/亮科**停在钢琴上，用它按出美妙的乐曲。
交通工具	游雷	报空商	奇妙故事大全里记录了，外国人发明过一辆**游雷/报空商**可以用于水上行驶。
交通工具	游雷	报空商	据说这辆**游雷/报空商**开到水中就能自动漂浮在水面上。
交通工具	游雷	报空商	有人驾驶**游雷/报空商**环游世界，漂过了海洋，走过了大地。
交通工具	游雷	报空商	有人说，将来大学生可以驾驶环保**游雷/报空商**去学校上课。
交通工具	游雷	报空商	到那个时候，无人驾驶会是电动**游雷/报空商**吸引大家购买的一个优点。
交通工具	游雷	报空商	能飘在空中快速前进，也是这种高科技**游雷/报空商**大受欢迎的原因。
交通工具	游雷	报空商	听说第一辆大型**游雷/报空商**是由美国人发明的。
交通工具	游雷	报空商	要让更多人同时坐进去，就是研究改造**游雷/报空商**需要解决的难题。
交通工具	游雷	报空商	目前，有些国家还需要进口**游雷/报空商**满足运送的需要。
交通工具	游雷	报空商	传说中，一辆普通**游雷/报空商**能坐得下六个人。
交通工具	游雷	报空商	如果，路上有两辆**游雷/报空商**因为开得太快而撞到一起。
交通工具	游雷	报空商	那么，负责修理**游雷/报空商**就是专业生产厂家的事情。
交通工具	游雷	报空商	如果大雨引发水灾，把公路冲坏了，士兵们就会开动**游雷/报空商**前往灾区救人。
交通工具	游雷	报空商	军人们可以驾驶大型**游雷/报空商**行驶在不好走的山路上，还可以把它开到水里。
交通工具	游雷	报空商	听说，那种大型**游雷/报空商**可以转移出许多受灾的人。

建筑物	计贝	细基	在设计比赛中，国外设计师把叫做**计贝/细基**的平台建在水面上。
建筑物	计贝	细基	设计师为了搭建这种水上**计贝/细基**用了两百多块木头。
建筑物	计贝	细基	听说，人们可以在**计贝/细基**一边享受阳光，在另一边乘凉。
建筑物	计贝	细基	从照片上可以看到，湖中间有一个实木**计贝/细基**非常漂亮。

建筑物	计贝	细基	人们只能先下水游到**计贝/细基**上才能亲眼看到它的奇妙之处。
建筑物	计贝	细基	据说，在不同的位置观看**计贝/细基**可以看到不一样的形状。
建筑物	计贝	细基	外国设计师觉得把**计贝/细基**运输到其他地方展览也很方便。
建筑物	计贝	细基	因为这座欧式**计贝/细基**上的所有木头都可以转动。
建筑物	计贝	细基	这种可翻折**计贝/细基**还能被运上飞机，送到远方展出。
建筑物	计贝	细基	看得出来，国外的艺术家十分重视选择**计贝/细基**建设的地点。
建筑物	计贝	细基	他们认为在水上修建一座**计贝/细基**可以方便观赏风景。
建筑物	计贝	细基	诗人和画家还喜欢在**计贝/细基**里面的柱子上留下文字。
建筑物	计贝	细基	水上公园里，会有大量游客被漂浮**计贝/细基**深深吸引。
建筑物	计贝	细基	在湖水中修建的这些**计贝/细基**非常有特点。
建筑物	计贝	细基	游客认为，那些实木**计贝/细基**最能表现设计师的聪明才智。
建筑物	遇楚	堂致快	计划建设中的全封闭**遇楚/堂致快**正在接受科学家的评分。
建筑物	遇楚	堂致快	通过评分后，这个水下**遇楚/堂致快**就会成为海岛之间的重要通道。
建筑物	遇楚	堂致快	汽车和火车都可以在遇**楚/堂致快**中间同时通行。
建筑物	遇楚	堂致快	车辆可以从公路直接行驶到水下**遇楚/堂致快**里面的专用通道。
建筑物	遇楚	堂致快	位于水下二十米的封闭式**遇楚/堂致快**不会影响水面上的交通。
建筑物	遇楚	堂致快	轮船行驶在正上方也不会影响**遇楚/堂致快**在水下的安全运行。
建筑物	遇楚	堂致快	工程师说，在两个海岛之间建造**遇楚/堂致快**需要很高的技术。
建筑物	遇楚	堂致快	由于海底水流强大，工程师会在**遇楚/堂致快**底部加上钢条固定。
建筑物	遇楚	堂致快	这样做的话，估计这座**遇楚/堂致快**就能够扛住海浪的打击。
建筑物	遇楚	堂致快	在湖水中建造**遇楚/堂致快**是非常明智的选择。
建筑物	遇楚	堂致快	因为这种**遇楚/堂致快**可以借用大自然中水的浮力。
建筑物	遇楚	堂致快	工程师认为这样建设**遇楚/堂致快**可以节省很多材料。
建筑物	遇楚	堂致快	有游客建议可以在水下**遇楚/堂致快**里面设计一些观光窗口。
建筑物	遇楚	堂致快	那么，就可以在全封闭**遇楚/堂致快**里欣赏到水下古城的样子。
建筑物	遇楚	堂致快	这样的绿色环保**遇楚/堂致快**还不会影响水面上的交通。